Iniciativa Colombiana de Polinizadores
CapítuloAbejas

ICPA

Guiomar Nates Parra
Editora



ICPA
Iniciativa Colombiana
de Polinizadores

CORPOAMAZONIA
Ambiente para la paz

CONSERVACIÓN INTERNACIONAL
Colombia

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

Iniciativa Colombiana de Polinizadores

Abejas

ICPA

Iniciativa Colombiana de Polinizadores

Abejas

ICPA

Bogotá, D. C. Colombia, 2016

Catalogación en la publicación Universidad Nacional de Colombia

Iniciativa colombiana de polinizadores : abejas ICPA / Guiomar Nates Parra, editora. -- Primera edición. -- Bogotá : Universidad Nacional de Colombia (Sede Bogotá). Facultad de Ciencias. Departamento de Biología, 2016.
364 páginas : ilustraciones a color, diagramas, fotografías, mapas.

Incluye referencias bibliográficas
ISBN 978-958-775-866-5.

1. Polinizadores 2. Abejas -- Colombia 3. Apicultura 4. Polinización por insectos 5. Conservación de la diversidad biológica -- Colombia 6. Servicios ecosistémicos I. Nates Parra, María Guiomar, 1948-, editor II. Título: Iniciativa colombiana de polinizadores : capítulo abejas ICPA

CDD-21 595.799 / 2016

Iniciativa Colombiana de Polinizadores
Abejas
ICPA

Fotografías:
Cubierta: *Tetragonisca angustula* en flor de Clusia sp. FJ. Chamorro G.
Contracubierta: *Anthophora walteri* en nido. A. Parra-H

LV. Calderón-A, FJ. Chamorro-G., D. Escobar, W. Hoffmann, JC. Jaramillo-S, OH, Marín-G., J. Medina, G. Nates-Parra
LA. Núñez, A. Parra-H, MS. Pinilla-G, AT. Rodríguez-C, JM. Rosso-L.

Diseño y diagramación:
Liliana P. Aguilar-G.

ISBN 978-958-775-866-5 (digital)

Cítese como:
Nates-Parra Guiomar. (ed.). *Iniciativa Colombiana de Polinizadores - Abejas - ICPA*. Bogotá, D. C. Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia. 364 pp.

CONTENIDO

PRÓLOGO

Este libro es importante porque presenta la Iniciativa Colombiana de Polinizadores, la cual busca promover el uso sostenible y la conservación de los polinizadores en Colombia, en concordancia con otras iniciativas en diversos países del mundo. Los polinizadores, como muchas especies de abejas, colibríes, escarabajos y murciélagos, son un componente esencial de la biodiversidad. Entre ellos el libro se concentra en las abejas, las cuales brindan servicios múltiples a las sociedades humanas, como la transferencia de polen de los órganos masculinos de flores a los femeninos (polinización), lo que hace posible la formación de frutos y semillas de muchos cultivos.

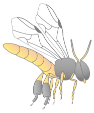
Paradójicamente, a pesar de este servicio de polinización, la expansión e intensificación del uso agropecuario son las principales causas de pérdida de la diversidad de abejas. Casi un 40 % de la superficie terrestre libre de hielo se encuentra en uso agropecuario, ya sea con cultivos o con ganado, la cual crece a una tasa alta y constante para satisfacer las crecientes demandas de la población humana. El uso agropecuario ha transformado el 70 % de los pastizales del mundo, el 50 % de las sabanas, el 45 % de los bosques deciduos templados y el 27 % de los bosques tropicales y subtropicales. Es justamente en este último bioma donde la frontera agropecuaria se encuentra en mayor expansión, incluyendo el territorio colombiano. Bajo el sistema agrícola dominante, una mayor cosecha está asociada a grandes extensiones de monocultivos dependientes de altos niveles de insumos químicos, prácticas que generalmente reducen la diversidad y la abundancia de las abejas silvestres. Por lo tanto, uno de los grandes desafíos de la humanidad es aumentar el rendimiento (toneladas por hectárea) de los cultivos beneficiándose de (y potenciando) la diversidad de abejas silvestres (intensificación ecológica), en lugar de degradarla (intensificación convencional).

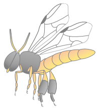
En este contexto, el libro realiza un aporte clave al describir el ámbito nacional e internacional en el cual se ha creado la Iniciativa Colombiana de Polinizadores. Un aspecto fundamental de esta iniciativa es fomentar estudios científicos sobre los polinizadores y la polinización, así como la divulgación del conocimiento generado. Para ello, el libro realiza un diagnóstico de la situación de los polinizadores y la polinización en Colombia, abarcando abejas nativas y exóticas, manejadas y silvestres. Las descripciones generales de los grupos se complementan con estudios de caso, que cuantifican no solamente los beneficios de las abejas a través de la polinización sino también la contribución de la apicultura a los medios de vida sustentables de los pequeños productores. Se discuten las principales causas de la pérdida de la diversidad y la abundancia de polinizadores. En respuesta a esta pérdida, el libro plantea prácticas y acciones para promover a las abejas y a los servicios que estas brindan a los habitantes de Colombia. Si bien aún hay vacíos en el conocimiento, el libro demuestra que el trabajo realizado a la fecha plantea soluciones concretas con base científica que pueden guiar acciones de manejo y decisiones políticas.

Es un honor, por lo tanto, presentarles este libro, el cual refleja el esfuerzo de diversos investigadores e instituciones colombianas de reconocida trayectoria nacional e internacional. Sin duda el libro abrirá puertas para que profundicen su conocimiento sobre la hermosa diversidad de abejas colombianas, tanto en áreas naturales como en agroecosistemas, y de su importancia para el bienestar humano.

Dr. Ing. Agr. LUCAS ALEJANDRO GARIBALDI
Director - IRNAD
Profesor - UNRN
Investigador - CONICET

Instituto de Investigaciones en Recursos Naturales, Agroecología y Desarrollo Rural (IRNAD)
Sede Andina, Universidad Nacional de Río Negro,
Mitre 630, CP 8400, San Carlos de Bariloche,
Río Negro, Argentina.





INTRODUCCIÓN

En todo el mundo existe un gran movimiento dirigido hacia la protección de los polinizadores y sus interacciones, generado en la década de los 70, después de que se diera la alarma sobre la disminución de *Apis mellifera* en el hemisferio norte, causada principalmente por la acción del ácaro *Varroa destructor*. La ONU decidió establecer la Convención de Diversidad Biológica (CDB) con el propósito fundamental de profundizar en el conocimiento sobre los polinizadores. A partir de este momento se realizaron reuniones en diferentes lugares, donde participaron diversos países, principalmente Brasil, lo cual condujo a crear la Iniciativa Internacional de Polinizadores (IIP) en el año 2000. Hoy existen distintas iniciativas en todos los continentes, con programas apoyados por sus respectivos gobiernos y con el objetivo principal de evaluar el estado de los polinizadores nativos, de sus interacciones con plantas y también determinar el valor de los servicios ecosistémicos prestados por las abejas y sobre todo el grado de dependencia del hombre por estos servicios. En Colombia la Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y los Servicios Ecosistémicos, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (PNGIBSE) en el 2012 menciona la importancia de proteger la biodiversidad y los ecosistemas en general y, dentro de los ejes temáticos del marco estratégico, se vislumbra una ventana abierta para presentar propuestas concretas sobre la protección de los polinizadores y sus interacciones con la vegetación. Uno de dichos ejes está relacionado con el "*fortalecimiento y fomento de la gestión del conocimiento y la información para orientar y sustentar la toma de decisiones respecto a la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos, así como para incrementar su valoración integral (económica y no económica) por parte de sectores económicos, ambientales y sociales*" que es lo que se pretende con la ICPA.

Desde el 2002, el Laboratorio de Investigaciones en Abejas (LABUN) ha participado en algunas de esas reuniones en Brasil y desde ahí comenzó a generarse la idea de proponer una Iniciativa Colombiana de Polinizadores, puesto que la desaparición o disminución de los polinizadores también es un hecho real en Colombia. A partir de los Encuentros Colombianos sobre Abejas Silvestres, se consolidó la necesidad de conocer la situación de nuestras abejas, de los servicios por ellas prestados y darle forma a través de la Iniciativa Colombiana de Polinizadores con énfasis en Abejas (ICPA). Lo primero fue reunir interesados en el tema y generar las líneas de acción de la ICPA. Una de las actividades de las líneas fue la elaboración de un diagnóstico sobre el estado del conocimiento relacionado con la polinización y polinizadores en Colombia. Nos dimos a la tarea de reunir toda, o la mayoría de la información bibliográfica publicada por investigadores nacionales y extranjeros sobre nuestras especies de abejas y sus interacciones con plantas, pero también de buscar información en la literatura gris (resúmenes de trabajos presentados en congresos, trabajos de grado y tesis de posgrado sin publicar, informes ante entidades financiadoras); poco a poco fueron surgiendo trabajos realizados en distintas partes del

país. Y con la divulgación de la preocupación sobre la disminución o desaparición de polinizadores también fueron surgiendo profesionales interesados en conocer más sobre la fauna apoidea colombiana y sus relaciones con la vegetación. Se reunieron aproximadamente 450 referencias bibliográficas que muestran el interés generado por incrementar el conocimiento acerca de las relaciones entre plantas y polinizadores, específicamente abejas.

Esta recopilación se presenta organizada en cuatro secciones: la sección I es un marco conceptual sobre polinización, servicios ecosistémicos, su inserción en las políticas de conservación y uso de la biodiversidad y, por supuesto, sobre las iniciativas internacionales de polinizadores. Igualmente se presenta la Iniciativa Colombiana de Polinizadores (ICPA) con un resumen del estado actual de avance de sus líneas de acción.

En la sección II se expone el estado de conocimiento sobre las abejas polinizadoras en Colombia haciendo un breve reconocimiento de los taxones más importantes para la polinización en el país, así como los aportes realizados por grupos de investigación como el de la Universidad Militar Nueva Granada. Se presentan tribus, géneros y especies de abejas reconocidas como polinizadores importantes y que se usan con frecuencia, como *Apis mellifera*, *Bombus*, *Xylocopa*, abejas sin aguijón y aquellos otros grupos de abejas solitarias que en Colombia todavía no se usan decididamente, si bien son apreciados como polinizadores importantes en otros países.

La sección III llama la atención sobre aspectos relacionados con la disminución de especies o poblaciones de abejas y algunas estrategias utilizadas para su conservación y uso sostenible.

En la última sección (IV) se presentan algunos casos particulares de trabajos puntuales que muestran los avances que se están realizando en diferentes temáticas.

Finalmente se hizo una recopilación de las interacciones registradas entre las especies de abejas y especies de plantas en Colombia; todas las referencias bibliográficas que aparecen en este volumen se organizaron temáticamente.

El objetivo de esta obra no es otro que presentar una recopilación de lo que hasta ahora conocemos sobre polinizadores y polinización en Colombia, de manera que se tenga la información disponible, o por lo menos se conozca quiénes y dónde se están realizando trabajos de investigación, las publicaciones existentes en el país y lo que falta por hacer, lo cual indudablemente es más de lo que se tiene hecho.

Este libro es un diagnóstico preliminar de la situación de los polinizadores-abejas en el país. Posiblemente no todos los trabajos que se han hecho y se están haciendo sobre el tema estén referenciados, pero justamente de eso se trata: hacer una primera recopilación con la intención de que en un futuro próximo se complete.

Esperamos que este sea un documento que aporte a la generación de futuros trabajos y publicaciones que permitan conocer más nuestra fauna de abejas, lo que las afecta, cómo hacer un aprovechamiento eficiente y sostenible, además de generar y hacer posibles estrategias y acciones para su conservación.

La invitación es a seguir adelante y aprovechar las nuevas tecnologías para profundizar más en el conocimiento de nuestros polinizadores, no solo de abejas sino también de otros grupos animales importantes.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Universidad Nacional de Colombia por apoyar la participación de miembros del Laboratorio de Investigaciones en Abejas (LABUN) en reuniones y foros en Brasil, con lo cual surgieron ideas para la formulación de la ICPA; además suministrar el espacio y el tiempo necesarios para la realización de este trabajo. A la Dirección de Investigación y Extensión Sede Bogotá (DIEB), Colciencias, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, por la financiación de algunos de los trabajos que hacen parte de las propuestas surgidas dentro de la ICPA.

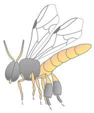
Instituciones como la Universidad Militar Nueva Granada (Prof. José Ricardo Cure y su equipo investigativo), Instituto Alexander von Humboldt (Brigitte LG. Baptiste, Sebastián Restrepo), Corpoica (Rodrigo Vásquez), Asociaciones de Apicultores (Eivar Castillo, Ramón Galvis), aportaron información relevante para muchos de los temas aquí tratados.

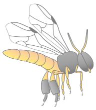
Agradecemos también el importante aporte de Conservación Internacional (CI) Colombia, Asociación Colombiana de Zoología (ACZ), Corpoamazonia y programa Naturamazonas por su apoyo en la publicación y divulgación de esta obra.

Agradecemos por el apoyo y la motivación a profesores e investigadores de Brasil (Vera Lucia Imperatriz-Fonseca, Carlos Alberto Garófalo, Fernando Silveira, Isabel Alves dos Santos, Giorgio Venturieri, Marina Landeiro), México (Ricardo Ayala, Javier Quezada, Jorge González), y Alemania (Dieter Wittmann).

Finalmente, queremos hacer un reconocimiento especial al equipo de trabajo del LABUN quienes han participado con entusiasmo desde el comienzo de la iniciativa recopilando información, organizando bibliografía y aun ofreciendo sus propios datos que muestran el avance en los estudios de polinización y polinizadores: Alejandro Parra, Ángela Rodríguez, Carlos Villalva, Catalina Ángel, Catalina Giraldo, Daniela León, Diana Obregón, Fermín Chamorro, Joanna Jaramillo, Jorge Díaz, Juan Manuel Rosso, Julián Medina, Laura V. Calderón, María Mónica Henao, Mario Simón Pinilla, Mónica Cepeda, Nedy Ramírez, Paula Montoya, Susana Currea, Víctor Solarte.

A los profesores Marisol Amaya, Argenis Bonilla y Rodulfo Ospina, por su colaboración y apoyo. Al profesor Carlos E. Sarmiento por la lectura minuciosa y a los evaluadores anónimos por sus comentarios y aportes para mejorar este texto.





SECCIÓN I
MARCO CONCEPTUAL



Macho *Eulaema cingulata*
OH. Marín-Gómez

CAPÍTULO 1

POLINIZACIÓN Y BIODIVERSIDAD

Marisol Amaya-Márquez. Ph.D.
Profesora asociada, Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá. *mamayam@unal.edu.co*

Los polinizadores desempeñan una función ecológica fundamental en el mantenimiento de los bancos de semillas de las plantas con flores, convirtiéndose en seres indispensables para la persistencia de la mayor parte de los ecosistemas terrestres y por lo tanto fundamentales para el bienestar y el futuro de la humanidad (Kevan *et al.*, 1990; Kearns *et al.,* 1998; Kremen *et al.*, 2002). Dado que más del 75% de los cultivos del mundo y alrededor del 80% de las especies de angiospermas dependen de polinizadores animales (Buchmann y Nabhan, 1996; Klein *et al.*, 2003), la disminución de sus poblaciones ha generado gran alerta sobre las consecuencias de esta pérdida (Kearns *et al.*, 1998; Kremen *et al.*, 2002; Kevan y Vianna, 2003; Steffan-Dewenter *et al.*, 2005; Potts *et al.,* 2010; Cameron *et al.*, 2011). Si la interacción planta-polinizador se rompe, podríamos dejar de tener acceso a cientos de frutas, verduras y legumbres que hacen parte de nuestra dieta actual, se generaría erosión genética, y se afectarían los servicios ambientales derivados de la función ecológica de la polinización.

Todos los polinizadores son valorados por la función que desempeñan en la mayor parte de los ecosistemas continentales, sin embargo, especial énfasis se les ha dado a las abejas por ser un grupo de insectos altamente diverso, dependiente totalmente de las flores para completar sus ciclos de vida, y por ello visitantes florales obligados y polinizadores de un sinnúmero de especies vegetales. Ha comenzado la Iniciativa Colombiana de Polinizadores con el capítulo abejas por la mencionada importancia de estos insectos, pero se espera que estos capítulos proliferen, en un futuro de cercano plazo, dando reconocimiento a la biodiversidad colombiana en otros grupos de polinizadores, entre ellos: colibríes, murciélagos, mariposas, dípteros, coleópteros y otros organismos polinizadores.

La Iniciativa Colombiana para la conservación de los Polinizadores resalta la función que estos desempeñan en los ecosistemas naturales y los agro-ecosistemas, enfatizando la necesidad de tomar medidas para su conservación. Colombia tiene una alta variedad de especies frutales, muchas de estas aún no explotadas comercialmente, pero con un gran potencial para el desarrollo económico; posee el mayor número de especies de colibríes en el mundo, importantes polinizadores de linajes de plantas neotropicales, de cuyos frutos a su vez se alimentan otras especies de aves y mamíferos. La riqueza biológi-

ca se extiende a otros grupos de plantas y animales, reflejándose esto en que Colombia ha sido reconocido como uno de los países con mayor biodiversidad a nivel mundial (Myers *et al.*, 2000). Por lo tanto, la responsabilidad que el país tiene de preservar su diversidad es proporcional a su riqueza, y para lograrlo debe superar numerosos desafíos, que van desde resolver el obstáculo taxonómico de nombrar y conocer las especies, entender la estructura y la relación funcional entre especies, desarrollar modelos de evaluación y predicción de la respuesta de la diversidad al cambio climático, de paisaje, de uso de la tierra, la presión causada por el crecimiento demográfico de la población humana, hasta el desafío sociológico de armonizar los diferentes estamentos de la sociedad, para generar sinergias exitosas de conservación. Esta iniciativa enfatiza la importancia de restaurar y conservar la "biodiversidad invisible" aquella contenida en la interacción ecológica planta-polinizador o planta-dispersor. Se espera con esta iniciativa presentar un primer diagnóstico sobre el estado de conocimiento en materia de polinización y polinizadores alcanzado en Colombia, hacer énfasis en la función ecológica de la polinización, e invitar a toda la sociedad colombiana a implementar dicho conocimiento en las políticas ambientales. Se espera también que la validación de dicho conocimiento por parte de la sociedad se refleje en buenas prácticas de uso y manejo de la biodiversidad como respuesta, no a la condición estatutaria de las leyes ambientales, sino sobre todo a la convicción individual de preservar la vida en condiciones sostenibles bajo una ética de respeto hacia el otro. El trecho entre el conocimiento y la práctica es a veces largo, pero sin duda los colombianos y la sociedad planetaria en general, descubriremos formas novedosas y eficaces de conservar la biodiversidad. En este primer capítulo se presenta una introducción al tema de la polinización y se delinea su relación con la biodiversidad.

POLINIZACIÓN

La polinización es un proceso relacionado con la dispersión de las microsporas en el ciclo de vida de las angiospermas. Consiste en el transporte del grano de polen desde la antera hasta el estigma de una flor de la misma especie. Esta transferencia generalmente requiere un vector de polen, el cual puede ser un agente abiótico como el viento o el agua, o un agente biótico, es decir un polinizador. Los granos de polen, técnicamente son plantas microscópicas productoras de células generativas cuya función biológica se completa cuando el grano de polen libera un gameto masculino y este último alcanza la ovocélula. El grano de polen antes de alcanzar el estigma está sujeto a diferentes factores, tales como la depredación, la humedad, la temperatura, deposición en lluvia de polen, rechazo molecular en el estigma; posteriormente en el tejido estilar compite por alcanzar la ovocélula mediante el desarrollo del tubo polínico. Todos estos factores afectan el desempeño biológico de la función masculina, y por ello deben ser contemplados en los estudios de ecología reproductiva de las plantas. La fecundación exitosa incrementa la probabilidad de formación de semilla, siendo este último proceso contingente a la disponibilidad de recursos nutricionales por parte de la planta para desarrollar el fruto, y a otras variables ambientales.

El transporte del grano de polen desde la antera hasta el estigma también puede ocurrir espontáneamente en la misma flor, incluso antes de su apertura, como sucede en las flores cleistógamas (por ejemplo, las violetas), o después de la apertura floral como resultado de los movimientos florales, los cuales facilitan el contacto del grano de polen con el estigma de la propia flor. A pesar de esta posibilidad de reproducción autónoma, la mayoría de las angiospermas, dada su inmovilidad y los sistemas genéticos de incompatibilidad, presentan la reproducción biparental facilitada por los vectores de polen como la estrategia más frecuente.

FLORES

La flor es un vástago de crecimiento limitado, altamente especializado en la reproducción sexual, la cual ha evolucionado bajo fuerzas de selección antagónicas. Por un lado, atraer a los polinizadores, mientras por el otro disuade organismos no polinizadores (ejemplo, ladrones de néctar o florívoros) de visitarla.

Los órganos florales son estructuras complejas cuyo plan organizacional está muy conservado, constituido por unas piezas infértiles, sépalos y pétalos, o tépalos, cuyas funciones son: dar protección a las estructuras fértiles y atraer a los polinizadores, y por unas piezas fértiles con la función reproductiva, estambres y carpelos. Sin embargo, este plan de organización no limita la diversificación de arquitectura y funcionamiento floral, el cual se refleja en la diversidad de linajes y especies de angiospermas, con más de 250.000 especies actualmente reconocidas. Así mismo, existe gran riqueza de polinizadores, que incluyen más de 300.000 especies entre insectos de diversos órdenes, y varios grupos de vertebrados (Buchmann y Nabhan, 1996).

La función de los órganos florales no es rígida, Dafni (1992) acuñó los términos morfología floral funcional para referirse a las variaciones que presentan los órganos florales en sus funciones. Por ejemplo, en el aguacate (*Persea americana*) se tienen flores en las cuales el órgano masculino es el productor de néctar, por modificación de los estambres en estaminodios secretores de néctar; en los carboneros, árboles de la familia Fabaceae, la función de atracción en la flor está dada por los sobresalientes y coloridos filamentos de los estambres, mientras que la corola está muy reducida y es poco llamativa. Estas y muchas otras modificaciones de las flores hacen parte de mecanismos florales eficientes en la transferencia de los gametos masculinos desde el microesporangio al estigma de otras flores. El viento y el agua pueden funcionar como vectores de polen, pero estos dos agentes como polinizadores son más inciertos que los animales, éstos últimos al ser atraídos por los recursos florales, establecen una relación mutualista más estable y predecible para la transferencia de las gametas masculinas de las plantas con flores.

Otra fuente de variación en la arquitectura floral es la presencia o ausencia de alguno de los órganos florales. Así, las flores bisexuales poseen androceo y gineceo, son conocidas también como hermafroditas o perfectas; en contraposición a las flores unisexuales que sólo

poseen androceo o gineceo y se les conoce también como flores imperfectas. Cuando las flores carecen de alguno de los verticilos fértiles o carecen totalmente de perianto se dice que son incompletas. Las flores también varían en tamaño, las más pequeñas pueden tener de 2 a 5 mm en longitud, mientras que otras pueden alcanzar cerca de medio metro de longitud.

POLINIZADORES

El concepto de polinizador evoca la imagen de un organismo del reino animal, aunque estudios recientes les atribuyen a los hongos una función como polinizadores (Okuyama *et al.*, 2004). Sin embargo, los estudios que han reportado hongos como vectores de polen son escasos y aún no es muy claro el mecanismo para concluir si en efecto, los hongos son polinizadores eficientes de las angiospermas o simplemente son patógenos que usan a las flores y a sus polinizadores como agentes de dispersión. Por lo tanto, en este capítulo los hongos no son incluidos en la definición de polinizador.

Un polinizador es un animal, generalmente volador, que usa las flores de manera obligada o facultativa para extraer algún beneficio de estas; usualmente en forma de recursos alimentarios, aceites, perfumes, precursores de feromonas, sitio para dormir o descansar, aparearse, ovipositar, o simplemente incrementar su temperatura; en todos los casos el polinizador transporta efectivamente las gametas de las plantas y obtiene el recurso floral sin dañar los órganos reproductivos femeninos de la planta. Esta conducta lo diferencia de un visitante floral no polinizador o de un organismo antagonista.

Las flores ofrecen recompensas en cantidades limitadas, obligando al polinizador a visitar numerosas flores para recoger una cantidad suficiente del recurso. De este modo el polinizador en una secuencia de visitas florales recoge en su cuerpo activa o pasivamente polen de diferentes flores e individuos y los deposita en los estigmas de otras flores y otros individuos generalmente de la misma especie. La constancia floral es una conducta fundamental por parte del polinizador que favorece el encuentro de gametas con-especificas evitando la interferencia causada por el polen equivocado en el estigma incorrecto. El beneficio derivado de esta conducta animal por parte de las plantas es la eficacia reproductiva, sin embargo, no es clara la razón por la cual los polinizadores exhiben dicho comportamiento. La conducta es sorprendente dado que las especies de angiospermas ocurren en simpatría coexistiendo y frecuentemente floreciendo simultáneamente, creando de este modo, opciones alternativas de recompensa frente a las cuales el polinizador podría escoger la infidelidad floral visitando indistintamente todas las especies disponibles (ver revisión en Amaya-Márquez, 2009).

La constancia floral de los polinizadores, ha sido descrita especialmente en *Apis mellifera,* especie en la cual ocurre reclutamiento de forrajeadoras a recursos florales abundantes; sin embargo, hay otros grupos de polinizadores, como los abejorros del género *Bombus* y los colibríes los cuales visitan plantas con distribuciones dispersas, viéndose obligados a visitar flores de diferentes especies en una ruta de forrajeo. En esos casos se ha encontrado que

las plantas con distribuciones dispersas, compartiendo un polinizador común, utilizan diferentes partes del cuerpo del polinizador, evitando de esa manera la interferencia con polen equivocado. Esto se ha observado en varios grupos de plantas, por ejemplo en las especies de *Columnea* (Gesneriaceae) las cuales crecen en simpatría y comparten los servicios de polinización del colibrí ermitaño *Phaethornis syrmatophorus* (Amaya-Márquez, 1996).

Aunque numerosas especies de angiospermas son capaces de reproducirse autónomamente, se ha demostrado que la presencia de polinizadores incrementa la cantidad y la calidad de los frutos formados, lo cual tiene un impacto económico, especialmente obvio cuando se trata de plantas cultivadas (Klein *et al.*, 2003, 2007; Ángel-Coca *et al.*, 2011; Chauta-Mellizo *et al.*, 2012). Además, los polinizadores incrementan la probabilidad de la polinización cruzada, promoviendo el intercambio de caracteres genéticos entre las plantas, previniendo la depresión por endogamia en las poblaciones, y confiriéndoles una mayor capacidad de adaptación al ambiente. Por lo tanto, la selección natural ha favorecido en las angiospermas, la evolución de mecanismos promotores del cruzamiento genético.

MECANISMOS DE LAS ANGIOSPERMAS QUE PROMUEVEN EL CRUZAMIENTO GENÉTICO

Las flores han evolucionado bajo diversos compromisos evolutivos, ya se mencionó el primero, en el cual la flor balancea su señal de atracción, la cual tiene que ser llamativa a los polinizadores, pero suficientemente inconspicua o desagradable para pasar inadvertida o para ahuyentar a los antagonistas, maximizando así sus posibilidades de reproducción bajo estas dos presiones de selección. El segundo compromiso evolutivo que ha enfrentado la flor, es por una parte desarrollar la bisexualidad (hermafroditismo) posibilitando con este rasgo el aseguramiento reproductivo, mientras que por la otra debe evitar la endogamia y promover el cruzamiento genético. El hermafroditismo y la capacidad para la auto-reproducción sexual, no explican la gran diversidad de estructuras y mecanismos florales de las angiospermas, al contrario Darwin, apoyado en sus investigaciones llevadas a cabo por más de una década sobre el valor funcional del cruzamiento genético, concluyó que las plantas sometidas a endogamia disminuyen su desempeño biológico (*fitness*) y planteó que la diversidad de estructuras florales refleja la adaptación de las angiospermas a sus polinizadores promoviendo su diversidad genética. El paisaje adaptativo de las flores incluye no sólo la dimensión morfológica y estructural sino también la dimensión funcional de la reproducción. Por ello se registran en las angiospermas diversos tipos de fertilización, de sistemas reproductivos, de mecanismos florales, de sistemas de compatibilidad genética, y de polinizadores.

Tipos de fertilización

Existen tres tipos básicos de fertilización en las plantas de acuerdo con el tipo de polinización recibida. La autogamia es una fertilización uniparental que ocurre cuando las gametas femenina y masculina provienen de la misma planta y la misma flor. La geito-

nogamia es un apareamiento entre gametas provenientes de un mismo individuo pero de flores diferentes. La xenogamia es un apareamiento biparental, proviniendo las gametas de diferentes individuos. Los sistemas de apareamiento tienen efecto en la composición genética de las poblaciones vegetales, las cuales pueden variar en el grado de endogamia o de heterosis dependiendo del tipo de polinización recibido con mayor frecuencia, de la composición genética inicial de la población, y del régimen de selección al cual estén sometidas. Por ejemplo, ecotipos bien adaptados a condiciones climáticas drásticas se beneficiarán de un bajo entrecruzamiento, mientras que las poblaciones de especies expuestas a ambientes en permanente cambio, serán favorecidas si reducen la endogamia.

En las plantas cultivadas, a pesar de las exigencias comerciales por mantener un bajo margen de variación del producto seleccionado, es importante propiciar la variabilidad genética y conservar información genética de los parientes silvestres de la planta domesticada, los cuales incrementan el potencial de adaptación a cambios climáticos, y la respuesta de las plantas a la infestación por patógenos o herbívoros. La importancia de mantener bancos de genes para conservar la máxima diversidad genética de una especie, ha sido ilustrada con el agave (*Agave tequilana*), el cual, debido a su reproducción asexual con fines comerciales, condujo a una erosión genética, la cual no les permitió a las plantaciones responder a la infestación por la bacteria *Erwinia carotovara* y el hongo *Fusarium* sp., representando una gran pérdida económica para los productores (Eardley *et al.*, 2006). La autora de este artículo ha observado casos similares en el departamento de Cundinamarca (Colombia) en municipios con vocación agrícola, en donde cultivos de tomate de árbol (*Solanum betaceum*) de tamaño entre 1000 y 3000 plantas han quedado totalmente devastados frente al ataque del fruto por larvas de polillas, o por infestación de hongos, sin observarse una sola planta resistente a estos ataques dentro del cultivo.

Sistemas reproductivos

Las angiospermas han desarrollado diversas estrategias para favorecer el entrecruzamiento genético. La forma más segura de lograrlo es mediante la evolución de flores unisexuales en sistemas dioicos. Sin embargo, menos del 10% de las angiospermas poseen sistemas reproductivos dioicos, la mayoría ha evolucionado sistemas hermafroditas, muy posiblemente debido al alto valor funcional del aseguramiento reproductivo. De todas formas, entre el sistema reproductivo dioico y el completamente hermafrodita se encuentra un espectro de expresión sexual con otros sistemas, en los cuales las plantas pueden modificar la proporción de flores hermafroditas, masculinas, y femeninas. El sistema androdioico se caracteriza por tener dos tipos de individuos, unos con flores masculinas y los otros con flores hermafroditas; el ginodioico consiste en poblaciones que tienen individuos netamente femeninos y otros hermafroditas; el andromonoico posee un solo tipo de individuos los cuales producen dos tipos de flores: masculinas y hermafroditas; el ginomonoico es el caso reciproco al andromonoico; y en el poligamomonoico un individuo presenta tres tipos de flores: masculinas, femeninas, y hermafroditas. Esta diversidad reproductiva les confiere a las plantas plasticidad individual y poblacional en la expresión sexual de acuerdo con las condiciones ambientales.

Mecanismos florales

Las angiospermas, han evolucionado, en su mayoría, un diseño biológico hermafrodita, por ello los mecanismos florales orientados a disminuir la autofertilización separan las funciones masculina y femenina bien sea en el espacio (hercogamia) o en el tiempo (dicogamia). La hercogamia fija en la cual el estigma queda por encima de las anteras, se conoce como hercogamia de aproximación, el caso contrario como hercogamia revertida. Los principales tipos de dicogamia son la protrandria cuando la función masculina antecede a la femenina y la protoginia en donde ocurre lo contrario; estos mecanismos florales pueden caracterizar algunos linajes de plantas, por ejemplo, la mayoría de las Angiospermas basales presentan protoginia. En el caso de especies del género *Columnea* (Gesneriaceae) se presenta una hercogamia dinámica asociada a la protandria, en la cual la flor presenta hercogamia revertida en la fase masculina y posteriormente hercogamia de aproximación en la fase femenina.

Otros mecanismos florales que impiden o reducen la autogamia son los polimorfismos florales como la hercogamia reciproca del tipo distilia o tristilia. Las especies con distilia son autoincompatibles presentan dos tipos de individuos en la población, aquellos con flores longistílicas y otros con flores brevistílicas; además de las diferencias en la altura de los órganos reproductivos, se presenta dimorfismo adicional en el tamaño y la escultura del grano de polen, así como en el tamaño de las papilas estigmáticas, fortaleciendo la reciprocidad morfológica entre las dos formas. Este mecanismo ha sido asociado con flores tubulares, cilíndricas o infundibuliformes de tubo estrecho, y corola de colores rojo, naranja, amarillo, o violeta, visitadas por colibríes, abejas de lengua larga, o mariposas. Las especies con tristilia presentan tres tipos de individuos en sus poblaciones: unos con flores longistílicas, otros con flores mediostílicas, y otro grupo con flores brevistílicas; hay algunos estudios que han demostrado autoincompatibilidad genética de cada tipo forzando el cruzamiento entre individuos diferentes. La hercogamia reciproca es un mecanismo floral orientado a utilizar diferentes partes del cuerpo del polinizador para el transporte del polen de cada uno de los morfotipos presentes en la población, incrementando la precisión de los cruces genéticos.

La enantiostila consiste en que la planta o la población presentan dos formas florales, unas con el estilo desviado hacia la derecha y otras con éste desviado hacia la izquierda; se puede presentar de manera similar a un sistema monoico con individuos portadores de los dos tipos florales, o similar a un sistema dioico con individuos que llevan un solo tipo floral. La enantiostilia se correlaciona con otras características florales, tales como la heterandria en la cual el androceo está constituido por dos tipos de estambres usualmente con anteras de diferente tamaño –las cuales pueden o no ser dimórficas. Estas anteras usualmente alcanzan diferentes alturas en la flor, unas atraen al polinizador ofreciendo polen como alimento, mientras que las otras presentan polen fértil orientado a la fecundación, este último usualmente es depositado en regiones del cuerpo del polinizador en donde no puede ser colectado para ser tomado como alimento, sino depositado en los estigmas de otras flores. Debido a que las flores con este mecanismo no ofrecen néctar como recompensa floral, sus visitantes más comunes son abejas recolectoras de polen.

Sistemas de compatibilidad genética

Los sistemas de incompatibilidad genética gametofítica, esporofítica, o aquella propia de los sistemas con heterostilia, son formas eficientes de evitar la endogamia. Están determinados genéticamente por sistemas multialélicos y son de expresión diploide o haploide. La selección en contra de la endogamia puede ser precigotica ocurriendo la inhibición del grano de polen en el estigma, o el arresto de los tubos polínicos en el estilo o en el ovario; en el caso de la autoincompatibilidad tardía tiene efecto poscigótico afectando la viabilidad de las semillas por aborto del embrión.

Los sistemas de incompatibilidad genética no son infalibles, lo cual permite la autofertilidad parcial u ocasional como una estrategia de las plantas que les permite enfrentar la incertidumbre ambiental, por ejemplo cuando la polinización cruzada falla. Estos sistemas de incompatibilidad son comunes en plantas leñosas, con periodos de vida largos, y varios eventos reproductivos a lo largo de la vida de la planta; mientras que la autocompatibilidad genética es una estrategia más frecuente en plantas de vida corta, con un solo evento de floración seguido de muerte (monocarpia). Usualmente las plantas con este tipo de reproducción son menos llamativas a los polinizadores en la señal visual y en la recompensa, y presentan una razón polen/óvulo menor que las plantas autoincompatibles. Los mecanismos de reproducción autónoma, hasta hace poco se relacionaban con el tipo de polinización generalista, ahora es conocido que también en las especies de plantas con sistemas altamente especializados de polinización ocurren mecanismos facilitadores de la autogamia (Marten-Rodríguez y Fenster, 2008) sugiriendo que las fuerzas de selección sobre el tipo de polinización y sobre el sistema genético de autoincompatibilidad son independientes.

INTERACCIÓN PLANTA-POLINIZADOR

La interacción planta-polinizador se establece a partir de intereses antagónicos de las partes, convergiendo la mayor parte de las veces, a una relación mutualista que genera beneficio para las plantas y para los polinizadores. Sin embargo, este mutualismo no es cooperativo ni simétrico (Kearns *et al*., 1998). El mutuo beneficio le confiere estabilidad ecológica y evolutiva a la interacción, lo cual se evidencia en aspectos como: (*i*) su antigüedad, registrada al menos desde el cretácico (Crane *et al*., 1995); (*ii*) la gran mayoría de angiospermas depende de vectores bióticos para la polinización, tan solo el 2,7% de éstas utilizan el agua como vector de polen, y el 13% el viento (Buchmann y Nabhan, 1996), cifras que señalan un beneficio para la supervivencia y el éxito reproductivo de las angiospermas derivado de la interacción ecológica con los polinizadores; (*iii*) las interacciones mutualistas han sido consideradas uno de los factores explicativos de la mayor biodiversidad encontrada en los trópicos comparada con latitudes mayores, señalando la fuerza del proceso ecológico en los procesos de especiación (Schemske, 2009).

La interacción planta-polinizador ha sido estudiada desde la perspectiva de las ciencias básicas tratando aspectos ecológicos y evolutivos, desde la perspectiva aplicada en la agricultura, más recientemente en la recuperación ambiental, y en el reconocimiento

de ésta en los servicios ecosistémicos, los cuales representan miles de millones de dólares anualmente; el servicio ecológico de la polinización fue calculado en 255 mil millones de dólares (Gallai *et al.,* 2009). Los estudios e investigaciones en ecología de la polinización son apoyados a su vez por otras ramas de la ciencia, por ejemplo, la morfología, la fisiología, la ecología, la etología, la psicología, la economía, las ciencias de la computación, y las matemáticas, entre otras.

Históricamente la construcción de los cuerpos teóricos sobre ecología de la polinización se remonta al reconocimiento de la sexualidad en las plantas por Rudolf Jakob Camerarius a mediados del siglo XVII, posteriormente se reconoce la polinización cruzada por el botánico Herman Müller y el papel de los insectos en este proceso por su hermano el entomólogo Fritz Müller. En general hubo una gran influencia y un gran aporte inicial de la botánica y de la historia natural, particularmente en los siglos XVIII y XIX en donde Joseph Gottlieb Kölreuter, Christian Konrad Sprengel, Thomas Andrew Knight, y Charles Darwin contribuyeron con importante literatura sobre el tema. Gran parte de este conocimiento de la interacción se plasmó en el conocido concepto de síndromes de polinización, construido paulatinamente por varios autores, desde Federico Delpino hasta autores muy activos en las décadas de los años sesentas a ochentas como Stefan Vogel, Knut Faegri, L van der Pijl, Verne Grant, Irene Baker y muchos otros quienes han contribuido en la consolidación del concepto (ver revisión histórica en Waser, 2006), en autores recientes se destacan Waser *et al.* (1996), Fenster *et al.* (2004), y Ollerton *et al.* (2009) por sus estudios críticos acerca de los síndromes de polinización.

Actualmente los patrones y procesos de la interacción planta-polinizador se siguen estudiando, mediante nuevas herramientas como por ejemplo los análisis moleculares los cuales han contribuido a fortalecer los estudios de ecología histórica y adaptación (Armbruster, 1992; McDade, 1992); el uso de redes de información, ha dinamizado el abordaje de la interacción planta-polinizador o planta-dispersor en el nivel de comunidad (Jordano *et al.,* 2003; Burkle y Alarcón, 2011); esta aproximación heurística ha permitido describir las propiedades de las redes, las cuales a su vez dan luz acerca del funcionamiento ecológico de la interacción a nivel de comunidad. La colaboración entre la comunidad científica conformada por los biólogos y ecólogos de la polinización (p.ej., Garibaldi *et al*., 2013) y las redes informáticas han incrementado la cobertura de los estudios.

Esta es una época excitante para el descubrimiento de capítulos inéditos sobre el funcionamiento de la vida, tomando como modelo la interacción planta-polinizador. Sin embargo la pérdida y fragmentación de hábitat, así como el uso desmedido de pesticidas y herbicidas, la deforestación, y el cambio climático han amenazado la existencia de los polinizadores y por lo tanto el funcionamiento de los ecosistemas (Aizen y Feinsinger, 1994; Kearns *et al.,* 1998; Cunningham, 2000), y precisamente esa amenaza se ha constituido en una nueva fuente de estudio sobre la función ecológica de los polinizadores, su respuesta a los factores de disturbio, su conservación, y su valoración económica en términos del impacto sobre la producción global de alimentos.

Síndrome de polinización

El síndrome de polinización es el conjunto de características que presenta una flor en relación al tipo de vector que la poliniza. La suposición detrás del concepto de síndrome es la adaptación de la planta "para" obtener el mayor beneficio en la reproducción sexual gracias a la acción del vector. En el caso de vectores bióticos se habla de coadaptación debido a que el ajuste de rasgos entre los dos grupos de organismos conlleva a un incremento en su desempeño biológico. Hay tantos síndromes de polinización como vectores de polen y cada uno ha sido caracterizado con un nombre y unas características.

Anemofilia

Es el síndrome floral de las plantas polinizadas por el viento. Estas plantas viven en ambientes donde el viento es una fuerza importante de la naturaleza, con baja humedad y baja pluviosidad. Las poblaciones de plantas anemófilas se encuentran en altas densidades, mientras que las otras especies que las rodean presentan bajas densidades. Este síndrome es más frecuente en regiones templadas y es menos común en los trópicos. Las características del síndrome floral son:

- Inflorescencias péndulas.
- Flores usualmente unisexuales, pequeñas.
- No producen néctar ni fragancias
- Pétalos y sépalos reducidos o ausentes, cuando están presentes verdes, pequeños, no llamativos.
- Filamentos estaminales largos y flexibles; anteras frecuentemente grandes, producen una gran cantidad de polen; estambres exertos.
- Granos de polen pequeños, de superficie psilada (lisa).
- Estigmas largos y plumosos, creando una amplia área de recepción del polen.

Hidrofilia

Es el síndrome floral de las plantas polinizadas por el agua. Es un tipo de polinización poco común, ocurre en sólo 11 de las 462 familias de angiospermas y nueve de estas once familias son monocotiledóneas acuáticas. En la mayoría de especies el polen se libera bajo el agua y es transportado pasivamente por las corrientes a los órganos femeninos; en otros casos, como ocurre en *Vallisneria americana* la flor masculina es liberada entera bajo el agua, la cual asciende a la superficie y libera el polen sólo cuando la flor estaminada ha entrado en contacto con la flor femenina. El polen usualmente es filiforme, generalmente forma agregaciones y se dispersa en grupos o cadenas de polen o de flores masculinas.

Cantarofilia

Es el síndrome floral de las plantas polinizadas por los coleópteros. Se cree que este fue uno de los primeros grupos de insectos en visitar las angiospermas. Los coleópteros presentan partes bucales paralelas al eje del cuerpo, lo cual limita su capacidad para ob-

tener polen o néctar ubicados profundamente en la corola; son animales con un amplio intervalo de tamaño, los grandes pueden tener una demanda moderadamente alta de proteínas y carbohidratos, poseen visión pobre en color, y un fuerte sentido del olfato.

Este síndrome de polinización se registra principalmente en las angiospermas basales y algunas monocotiledóneas. Las características del síndrome floral son:

- Las flores pueden ser grandes y solitarias como las de las magnolias o las nympháceas, o flores muy pequeñas agrupadas en inflorescencias densas, como las de las aráceas o las palmas. Es frecuente la corola en forma de taza o disco donde el polen o los cuerpos alimenticios son de fácil acceso para el insecto.
- Hay numerosas anteras productoras de polen.
- Las recompensas florales son: polen, cuerpos alimenticios, o néctar, o simplemente exudados dulces del estigma.
- Corolas de color blanco, crema, o verde.
- Producen aromas fuertes, como de frutales fermentados, o dulces.
- Antesis diurna o nocturna.
- Simetría actinomorfa.
- Flores usualmente capaces de termogénesis, pudiendo elevar la temperatura entre 5 y 25 grados centígrados por encima de la temperatura ambiental.

Miofilia

Es el síndrome floral de las plantas polinizadas por las moscas. Aunque la polinización por moscas no ha sido valorada suficientemente, este grupo de organismos puede ser uno de los más importantes como lo han propuesto Larson *et al.* (2001) dado que son visitantes comunes de miles de especies de angiospermas. Son animales persistentes a lo largo de las estaciones, muchas plantas dependen de estos insectos para su reproducción todo el año. No alimentan a sus crías y usualmente presentan cuerpos más livianos que otros insectos por lo que no necesitan gran cantidad de alimento; en general presentan una visión más aguda que los coleópteros. Las flores que atraen a las moscas tienen una gran variación debido a que los dípteros son también un grupo muy diverso, en tamaño y forma corporal, al igual que en hábitos.

Los principales rasgos de este síndrome floral son:

- Colores de la corola: blanco, crema y amarillo, usualmente con guías de néctar.
- Simetría floral actinomorfa.
- Fragancia mínima excepto en el caso especial de la sapromiofilia (ver más adelante).
- Flores pequeñas.
- Poca producción de néctar.
- La producción de polen es regular o abundante.

La sapromiofilia es un caso especial de miofilia, en donde la estrategia de las plantas es imitar un sustrato apto para la oviposición de moscas cuyas larvas son carroñeras. Las flores con este síndrome tienen células que emiten aroma a proteínas en descomposición

atrayendo a las moscas, las cuales ovipositan sobre este sustrato y en el proceso transportan polen. Las flores tienen simetría actinomorfa, producen polen en cantidad moderada, y generalmente tienen una textura opaca, son púrpura oscuro, marrón, o verdoso; no presentan guías de néctar, pero pueden tener máculas; los órganos reproductivos están escondidos. Las plantas con el síndrome de sapromiofilia poseen trampas similares a las que presentan las plantas insectívoras lo cual les permite retener a las moscas por más tiempo; usualmente tienen corolas profundas o en forma de farol, con aberturas por la que la mosca llega al botón o trampa. Este tipo de polinización ha sido reportado principalmente en familias ancestrales de las angiospermas, como por ejemplo en Aristolochiaceae y Araceae.

Melitofilia

Es el síndrome floral de las plantas polinizadas por las abejas. Este síndrome cobija una red de interacciones ecológicas que involucra entre cerca de 20.000 especies de abejas y un sinnúmero de angiospermas. Las abejas pueden ser el grupo de polinizadores más importantes debido a que dentro de los Hymenoptera este grupo evolucionó hábitos vegetarianos, requiriendo del polen como recurso para alimentar a sus larvas, y del néctar para satisfacer requerimientos metabólicos diarios o para almacenarlo y elaborar miel. Poseen distintas estructuras para recoger el polen, y probóscides de diferente longitud, rasgo con el cual se caracterizan al menos dos grupos ecológicos, las abejas de lengua larga y las de lengua corta con su respectiva implicación en el tipo flores que cada grupo puede usar. En la familia Colletidae el polen es cargado en el buche junto con el néctar, en las Megachilidae ha evolucionado una escopa gastral, mientras que en grupos como el género *Andrena* se encuentran "cepillos de polen" en las patas posteriores, o en los lados del abdomen. En Apoidea ha evolucionado la corbícula, parte de la tibia de la pata posterior de las abejas, especializada en llevar el polen, se observa en la abeja melífera, en los euglosinos, en los abejorros (*Bombus* spp.), y en las abejas sin aguijón.

Las abejas presentan además diferentes tamaños, las pequeñas logran posarse en flores discoides, o en el labio inferior de las flores bilabiadas pequeñas y acceder al recurso floral, mientras que las grandes explotan flores discoides grandes como los pseudantos (capítulos) de las Asteráceas, o flores zigomorfas papilionadas grandes; tienen visión con receptores que detectan los colores más dominantes en la flora melitófila incluyendo visión sensible a la radiación UV; poseen receptores de aromas, usualmente localizados en las antenas, con los que perciben y discriminan cientos de aromas presentes incluso en muy bajas concentraciones, del orden de partes por millón; pueden volar de flor en flor y de planta en planta incrementando la probabilidad de cruce genético en las plantas. Las principales características de este síndrome floral son:

- Flores con antesis diurna.
- Colores de la corola: azul, blanco, amarillo y rosado, usualmente con guías de néctar, y pétalos que reflejan la luz ultravioleta.
- Ofrecen como recompensa néctar concentrado en un intervalo entre 30 y 50%, polen, o ambos.

- El néctar es de difícil acceso, usualmente los nectarios tienen una posición escondida dentro de la flor.
- Simetría floral actinomorfa o zigomorfa.
- Flores de varias formas: discoidea o rotácea, tubular pequeña de limbo bilabiado, acampanada, papilionada, o en forma de cepillo. Usualmente las flores con simetría zigomorfa presentan un área floral que funciona como plataforma de aterrizaje, y las de simetría actinomorfa pueden presentar una estructura central con anteras conniventes de donde se sostienen las abejas.
- Flores fragantes, con aromas generalmente dulces, suaves, frescos, y agradables.
- Flores con el androceo muy reducido especializado para la polinización nototróbica y productoras de néctar. Este tipo de flor es visitado únicamente por abejas recolectoras de néctar.

La ginandro-euglosofilia es un caso especial de la melitofilia, hace referencia a la polinización de plantas epifitas tropicales visitadas por hembras y machos de los euglosinos que van en busca de néctar, mientras que la andro-euglosofilia se refiere a las plantas polinizadas por machos de abejas euglosinas que son atraídos por perfumes florales para recolectar moléculas precursoras en la elaboración de feromonas. Este síndrome ocurre en numerosas especies de familias de plantas neotropicales tales como las orquídeas y las gesneriáceas (Wiehler, 1983).

Psicofilia

Es el síndrome floral de las plantas polinizadas por las mariposas. Estos insectos son importantes polinizadores en las regiones templadas. No alimentan a su descendencia, son livianos y se posan en las flores, lo que reduce sus requerimientos de energía, tienen largas probóscides, no tienen un gran sentido del olfato, el sentido del gusto está en sus patas, tienen buena visión en color y pueden ver el rojo. Las principales características de este síndrome floral son:

- Flores con antesis diurna.
- Colores de la corola: brillantes, anaranjado, azul, morado, rojos amarillos, con o sin guías del néctar.
- Flores poco fragantes.
- Producen una gran cantidad de néctar usualmente rico en aminoácidos.
- Néctar usualmente escondido en la base de la corola.
- Producción de polen regular.
- Formas tubulares profundas, con plataformas de aterrizaje.

Falenofilia

Es el síndrome floral de las plantas polinizadas por las polillas. Éstas, al igual que las mariposas, hacen parte del orden Lepidoptera pero difieren en su comportamiento. Son nocturnas, más pesadas y tienen altos requerimientos energéticos; poseen

visión desarrollada para volar en la noche, y buen sentido del olfato. Las polillas no aterrizan para colectar el néctar, son capaces de vuelo sostenido mientras se alimentan. Las principales características de este síndrome floral son:

- Flores con antesis nocturna.
- Corola de color blanco o crema, si tienen algún color diferente como azul o amarillo, éste es muy pálido.
- Flores muy fragantes.
- Producen néctar abundante, el cual queda escondido en la base de la corola.
- Producen polen en cantidad media.
- Corolas de tubos largos y estrechos.
- Simetría actinomorfa o zigomorfa; la simetría bilateral y pétalos hacia atrás y el tubo de la corola abierto, facilitan la toma de néctar mientras están en vuelo suspendido.
- Muchas de estas flores se cierran durante el día.

Ornitofilia

Es el síndrome floral de las plantas polinizadas por las aves. Se presenta particularmente en América, África, y Australia. Habita en altitudes que van desde el nivel del mar hasta los 4000 m. La diversidad contenida en la interacción entre plantas y aves polinizadoras es considerable. Se han registrado cerca de 50 familias de aves visitantes de flores, en Colombia las principales aves polinizadoras son los colibríes (Trochilidae), con cerca de 140 especies en Colombia (Stiles com. pers.). Estas aves varían en tamaño de 5 a 20 cm de largo, con pesos entre 3-10 g, y con picos entre 1 y 20 cm de longitud; la curvatura del pico también varía desde recto hasta muy recurvado. Estos polinizadores tienen buena visión en color, presentan picos fuertes y en muchos casos largos se pueden alimentar mientras mantienen un vuelo suspendido frente o bajo las flores (flores péndulas). Las principales características de este síndrome floral son:

- Las flores presentan antesis diurna.
- Corola de colores vivos usualmente escarlata contrastando con los verdes.
- Labio en el margen de la flor, ausente o curvado hacia atrás.
- Flor tubular, péndula, o tipo cepillo.
- Pared externa de la flor cerosa y firme.
- Filamentos estaminales rígidos o unidos.
- Ovario supero o ínfero siempre protegido.
- Fragancia ausente.
- Néctar abundante.
- Flores con forma tubular o con espolón profundo y más ancho que en las flores de mariposas.
- Separación de la reserva de néctar de estigmas receptivos y anteras poliníferas relativamente grandes.

Quiropterofilia

Es el síndrome de las plantas polinizadas por los murciélagos. Cerca del 25% de las especies de murciélagos usa los recursos florales como parte de su dieta y algunas dependen totalmente de las flores. Este tipo de polinización se presenta principalmente en el trópico, en donde se encuentra una sucesión de especies florales apropiadas para los murciélagos a lo largo del año; en los Andes se ha registrado hasta los 3400 msnm. Los murciélagos son animales grandes y pesados que a veces se posan sobre las flores; no distinguen colores, por lo que estos son irrelevantes en la atracción; tienen un sentido del olfato desarrollado, y los nectarívoros de la subfamilia Glossophaginae tienen la cavidad nasal mayor que la de los insectívoros y la lengua larga y delgada. Las plantas polinizadas por murciélagos son generalmente leñosas, árboles, arbustos, o lianas, aunque también pueden ser epifitas de hábito herbáceo. Las principales características de este síndrome floral son:

- Flores con antesis nocturna, usualmente duran una noche.
- Corola de color blanco, crema, ocre o sombras lúgubres de verde o púrpura.
- Producen aroma fuerte como de frutal, ácido, rancio, a repollo o que sugiere fermentación.
- Las flores son robustas, grandes, y usualmente se encuentran expuestas sobresaliendo del follaje.
- Flor en forma de campana amplia, péndula.
- Producen abundante néctar diluido, dominado por glucosa, a veces viscoso.
- Producen gran cantidad de polen.

Los síndromes están descritos en términos de ajuste morfológico y fisiológico entre grupos amplios de plantas y de polinizadores, incluyendo la sincronización de ritmos circadianos entre las flores y sus polinizadores, factores que propician la interacción ecológica. El síndrome de polinización puede verse como un modelo de coadaptación a nivel macroevolutivo, el cual refleja la fuerza ejercida por la selección natural durante millones de años sobre ciertos grupos de plantas y sus polinizadores. Los grupos de polinizadores son gremios ecológicos, tales como los colibríes ermitaños de pico curvo, o como las abejas de lengua larga, o las abejas de lengua corta, los cuales por su morfología restringen su actuación ecológica a un tipo particular de flor. La presión de selección ejercida por estos grupos de organismos resulta en la aparición de ciertos rasgos florales en linajes de plantas distanciadas en el árbol filogenético de las angiospermas.

En el análisis de los síndromes de polinización se debe tener en cuenta la relación entre el grado de biodiversidad potencialmente contenida en un síndrome y el nivel de adaptación que éste puede predecir, la cual puede ir desde especialización recíproca estrecha en interacciones altamente coevolucionadas, rasgos generalistas adaptativos y no adaptativos, especialización asimétrica, y adaptación a polinizadores de baja eficiencia (Ollerton *et al.,* 2006). El síndrome de polinización sigue siendo un modelo importante de estudio en la interacción planta-polinizador, y sigue evolucionando conceptualmen-

te; a medida que se entiende más el funcionamiento de las redes ecológicas entre plantas y polinizadores también se hace evidente que la selección sobre los rasgos florales es ejercida por gremios ecológicos, antes que por especies individuales (Fenster *et al.*, 2004) y que la respuesta fenotípica descrita en el síndrome refleja diferencias en la fuerza de la interacción, y en la dirección y el grado de selección ejercida sobre los rasgos florales.

BIODIVERSIDAD Y POLINIZACIÓN

> "*What escapes the eye, however, is a much more insidious kind of extinction: the extinction of ecological interactions*" Janzen (1974)

La polinización es una función ecológica relacionada con la reproducción sexual de las plantas con flores. La polinización biótica aparece temprano en la evolución de las angiospermas, se establece desde el Cretácico medio según evidencian los depósitos geológicos de la costa Atlántica de los Estados Unidos y del Sur de Suecia (Kearns y Inouye, 1997; Labandeira, 2002). A la polinización biótica se le ha atribuido una función en la diversificación tanto de las angiospermas, ocurrida en un período geológico corto de entre 20 y 30 millones de años, como de los insectos los cuales se diversificaron paralelamente con las angiospermas. Esta hipótesis ha sido debatida por Sanderson y Donoghue (1994) argumentando, primero que la alta tasa de especiación en las angiospermas no ocurrió tempranamente en los linajes basales donde la polinización biótica especialmente por coleópteros ya había surgido, sino que se da mucho después, y segundo porque existen linajes dentro de las cicadáceas y las gimnospermas (ejemplo Gnetales) en los cuales la polinización biótica no desencadenó una mayor biodiversidad que en sus congéneres polinizados por el viento (Pellmyr, 2002). En cualquier caso, estudios ecológicos con plantas actuales han mostrado que la especialización de la interacción planta-polinizador promueve la especiación y la coexistencia de especies. Además, las interacciones bióticas han sido consideradas como una de las causas de la alta biodiversidad tropical (Schemske, 2009). Los argumentos anteriores señalan que plantas y polinizadores obtienen un beneficio mutuo forjado sobre la base de la especialización recíproca. Sin embargo, la disyuntiva entre especialización o generalización de las interacciones entre plantas y polinizadores surge debido a que, de manera paradójica, el concepto de polinización biótica implica especialización por parte de la planta y del polinizador, mientras que a nivel comunitario la interacción ecológica planta-polinizador se caracteriza por la generalización (Waser *et al.*, 1996).

El dilema puede ser explicado en parte porque la especialización evolutiva contiene elementos históricos como la biogeografía y los procesos macroevolutivos, los cuales reflejan la selección natural ejercida por millones de años sobre muchas generaciones de plantas y de polinizadores generando co-adaptación, mientras que la especialización ecológica ocurre directamente en individuos pertenecientes a poblaciones locales en un tiempo actual en donde las especies de plantas y polinizadores que han coevolucionado no siempre coinciden espacial y temporalmente, bien sea

por procesos de vicarianza, por reducción en el área de distribución original de las especies, por afectación diferencial del disturbio sobre uno de los integrantes de la interacción, u otros factores generadores de disrupción en la coocurrencia de las especies. La adaptación ecológica, por lo tanto, no implica un componente histórico pudiendo el ajuste entre asociaciones oportunistas de plantas y polinizadores corresponder a exadaptaciones temporalmente favorecidas por selección natural. La generalización y el oportunismo ecológico señalan que la interacción planta-polinizador en "acción" es menos ordenada que los patrones macroevolutivos delineados en los síndromes de polinización. Como lo han indicado Waser *et al.* (1996) el análisis de este aspecto de la interacción es particularmente importante en los procesos de planeación y manejo de los ecosistemas.

La alta especialización de una interacción incrementa la probabilidad de su persistencia en la escala evolutiva. Sin embargo, interacciones con alta interdependencia tienen al mismo tiempo una alta vulnerabilidad de ruptura cuando una de las partes se pierde. Las interacciones generalistas al contrario generan resiliencia ecológica y permiten que la función de polinización sea desempeñada por alguna especie polinizadora dentro del gremio ecológico, disminuyendo el riesgo de ruptura de la interacción cuando una especie de polinizador está ausente.

La interacción planta-polinizador es mutualista, y en ésta se anidan patrones y procesos biológicos sustentadores de biodiversidad. Dados los siguientes hechos (*i*) la mayor diversidad biológica se encuentra en los trópicos comparado con latitudes mayores, (*ii*) la alta incidencia de la polinización biótica en los trópicos, en donde el 94% de las plantas con flores interactúan con polinizadores, comparado con el 78 % en regiones templadas (Buchmann y Nabhan, 1996), (*iii*) la polinización especializada por vertebrados tiene una mayor ocurrencia en los trópicos; la polinización por colibríes sólo ocurre en el neotrópico y podría ser el grupo de organismos responsable de la alta biodiversidad registrada en angiospermas en esta región del mundo, (*iv*) los estudios que han llevado a conclusiones sobre la generalización en los sistemas de polinización han sido realizados principalmente en regiones templadas. A partir de las premisas enunciadas, surge la necesidad de incrementar en extensión y en profundidad los estudios sobre ecología de la polinización en el trópico.

Los aspectos únicos de los ecosistemas tropicales plantean la necesidad de ser manejados de acuerdo con su naturaleza y su dinámica de funcionamiento, con miras precisamente a lograr el cuidado y la conservación de la gran biodiversidad tropical. Con relación a la ecología de la polinización hay aspectos importantes a tener en cuenta. En los bosques tropicales muchas especies de angiospermas tienen una distribución espacial esparcida, bien sea que se trate de árboles o de especies epifitas dependientes totalmente del forófito sobre el cual crecen; muchas de estas plantas tienen polinización especializada por murciélagos, colibríes, o abejas euglosinas, entre otros, y hasta hace poco se pensaba que este tipo de plantas por su condición especializada con la polinización presentaban sistemas de autoincompatibilidad genética.

Estudios reproductivos en gesneriáceas neotropicales han mostrado que la autocompatibilidad en este tipo de plantas ocurre permitiendo una reproducción autónoma (Amaya-Márquez, 1996; Marten-Rodríguez y Fenster, 2008) y por tanto incrementan la endogamia. Como se mencionó anteriormente los sistemas de incompatibilidad genética no son infalibles y la compatibilidad genética ocurre como una estrategia de las plantas para enfrentar la incertidumbre ambiental, por ejemplo, si la polinización cruzada falla por ausencia de polinizadores. Este fenómeno que se presenta en los trópicos tiene implicaciones para el manejo ambiental, porque precisamente los cambios frecuentes en el clima, el disturbio ambiental por fumigaciones, o por corte masivo e indiscriminado de vegetación arbórea, crean una mayor incertidumbre ambiental frente a la cual la alta variación genética en las poblaciones de plantas les brindaría una mayor posibilidad de resistir los cambios. Realmente no contamos con suficientes estudios en el trópico para delinear los patrones reproductivos de las plantas y por tanto la estabilidad de los ecosistemas. Se necesita profundizar en el estudio de la especialización y la generalización de los ecosistemas tropicales.

De otra parte, el manejo de la agrodiversidad requiere información sobre el grado de dependencia de los polinizadores para la producción del cultivo y el mantenimiento del germoplasma, además de conocer de qué manera el manejo local del cultivo y del paisaje ayudan a sostener la diversidad de cultivos y la producción local (Klein *et al.*, 2007). De acuerdo con Klein *et al.* (2007) la intensificación de la agricultura ha afectado a las comunidades de abejas y el servicio de polinización estabilizante que éstas prestan a los ecosistemas. Los costos de pérdida de los polinizadores pueden exacerbar los factores que ponen en riesgo la seguridad alimentaria.

Existen más de 250.000 especies de plantas con flores y de acuerdo con Buchmann y Nabhan (1996), los polinizadores entre vertebrados e invertebrados pueden alcanzar las 300.000 especies. Si bien más de medio millar de especies representan una diversidad biológica considerable, ésta puede ser aún mayor cuando se concibe que el todo es más que la suma de las partes. Es decir, la biodiversidad contenida en la interacción planta-polinizador no se restringe a las 550 especies implicadas, sino que esta diversidad crece exponencialmente cuando consideramos el entramado de redes de interacciones ecológicas que se dan entre planta-polinizador, y la afectación de ésta a otras redes planta-dispersor, planta-planta, dispersor-dispersor, y polinizador-polinizador en cada comunidad biológica. Esta diversidad biológica es determinada por el proceso coevolutivo entre plantas y polinizadores y va a depender de la estructura poblacional y de las comunidades, del estado de conservación del hábitat, y del grado de especialización de las interacciones.

A manera de corolario se puede decir que la interacción planta-polinizadores es la unidad básica de recuperación y mantenimiento de la biodiversidad, debido a la función ecológica que desempeña y a su posición en la cadena trófica, alcanzando niveles de afectación a otros grupos de organismos, frugívoros dispersores de semilla, herbívoros, etc. Por lo tanto, los programas de restauración de los ecosistemas deben tener en cuenta

además de los aspectos estructurales de la biodiversidad, tales como la riqueza y la abundancia de las especies, aspectos funcionales derivados de la biodiversidad, puesto que es en las interacciones ecológicas donde subyace, en términos de Janzen (1974) la biodiversidad invisible, esa que aunque no se puede coleccionar en museos, es la sustentadora de la biodiversidad estructural (Price, 2002; Forup *et al.*, 2008).

REFERENCIAS

Aizen MA, Feinsinger P. Forest fragmentation, pollination, and plant reproduction in a Chaco Dry Forest, Argentina. Ecology 1994; 75(2): 330-351

Amaya-Márquez M. Sistemática y polinización del género Columnea (Gesneriaceae) en la Reserva Natural la Planada (Nariño). [Tesis de maestría], Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia. 1996. p.96-102.

Amaya-Márquez M. Floral constancy in bees: a revision of theories and a comparison with other pollinators. Rev Colomb Entomol. 2009; 35(2): 206-216.

Ángel-Coca C, Nates-Parra G, Ospina-Torres R, Melo Ortíz CD, Amaya-Márquez M. Biología floral y reproductiva de la gulupa, *Passiflora edulis* Sims f. *edulis*. Caldasia. 2011; 33(2):413-431.

Armbruster WS. Phylogeny and the evolution of plant-animal interactions. Bioscience. 1992; 42(1): 12-20.

Buchmann SL, Nabhan GP. The Forgotten Pollinators. Island Press. Washington, D. C. 1996; 292 p.

Burkle LA, Alarcón R. The future of plant-pollinator diversity: understanding interactions networks across time, space, and global change. Am J Bot. 2011; 98(3):1-11. DOI: 10.3732/ajb.1000391

Cameron SA, Lozier JD, Strange JP, Koch JB, Cordes N, Solter LF, Griswold. Patterns of widespread decline in North American bumble bees. Proc Natl Acad Sci USA. 2011; 18(2):662-667. DOI: 10.1073/pnas.1014743108

Chauta-Mellizo A, Campbell SA, Bonilla MA, Thaler JS, Poveda K. Effects of natural and artificial pollination on fruit and offspring quality. Basic Appl Ecol. 2012; 13(6):524-532. DOI: 10.1016/j.baae.2012.08.013

Crane PR, Friis EM, Pedersen KR. The origin and early diversification of angiosperms. Nature. 1995; 374:27-33. DOI:10.1038/374027a0

Cunningham SA. Depressed pollination in habitat fragments causes low fruit set. Proc R Soc Lond B. 2000; 267(1448): 1149-1152.

Dafni A. Pollination Ecology. A Practical Approach. IRL Press. Oxford University Press. New York. 1992; p.1-21.

Eardley C, Roth D, Clarke J, Buchmann S, Gemmill B. Pollinators and Pollination: A resource book for policy and practice. African Pollinator Initiative. Pretoria, South Africa. 2006; 30 p.

Fenster CB, Armbruster WS, Wison P, Dudash MR, Thomson JD. Pollination syndromes and floral specialization. Annu Rev Ecol Evol Syst. 2004; 35:375-403. DOI: 10.1146/annurev.ecolsys.34.011802.132347

Forup ML, Henson KSE, Craze PG, Memmott J. The restoration of ecological interactions: plant-pollinator networks on ancient and restored heathlands. J Appl Ecol. 2008; 45(3):742-752. DOI: 10.1111/j.1365-2664.2007.01390.x

Galai N, Salles JM, Settele J, Vaissiere BE. Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. Ecol Econ. 2009; 68(3):810-821. http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolecon.2008.06.014

Garibaldi LA, Steffan-Dewenter I, Winfree R, Aizen MA, Bommarco R, Cunningham SA, et al. Wild pollinators enhance fruit set of crops regardless of honey bee abundance. Science. 2013; 339(6127):1608–1611. DOI: 10.1126/science.1230200

Janzen DH. The deflowering of Central America. Natural History. 1974; 83(4):49-53.

Jordano P, Bascompte J, Olesen JM. Invariant properties in coevolutionary networks of plant-animal interactions. Ecol Lett. 2003; 6:69-81.

Kearns CA, Inouye DW. Pollinators, flowering plants, and conservation biology. BioScience. 1997; 47(5):297-307.

Kearns CA, Inouye DW, Waser NM. Endangered mutualisms: the conservation of plant-pollinator interactions. Annu Rev Ecol Evol Syst. 1998; 29:83-112. DOI: 10.1146/annurev.ecolsys.29.1.83

Kevan PG, Clark EA, Thomas VG. Insect pollinators and sustainable agriculture. Am J Alternative Agr. 1990; 5(1):12-22. DOI: http://dx.doi.org/10.1017/S0889189300003179

Kevan PG, Viana BG. The global decline of pollination services. Biodiversity. 2003; 4(4):3-8. DO I:10.1080/14888386.2003.9712703

Klein AM, Steffan-Dewenter I, Tscharntke T. Bee pollination and fruit set of *Coffea arabica* and C. canephora (Rubiaceae). Am J Bot. 2003; 90(1):153-157. DOI: 10.3732/ajb.90.1.153

Klein AM, Vaissiere BE, Cane JH, Steffan-Dewenter I, Cunnigham SA, Kremen C, Tscharntke T. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. Proc R Soc B. 2007; 274:303-313. DOI:10.1098/rspb.2006.3721

Kremen C, Williams NM, Thorp RW. Crop pollination from native bee at risk from agricultural intensification. Proc Natl Acad Sci USA. 2002; 99(26):16812-16816. DOI: 10.1073/pnas.262413599

Labandeira CC. The history of associations between plants and animals. In: Herrera M, Pellmyr O. Editors. Plant-Animal Interactions. An evolutionary Approach. Blackwell Publishing. Massachusetts. 2002; p.26-76.

Larson BMH, Kevan PG, Inouye DW. Flies and flowers: taxonomic diversity of anthophiles and pollinators. Can Entomol. 2001; 133: 439-465.

Martén-Rodríguez S, Fenster CB. Pollination ecology and breeding systems of five Gesneria species from Puerto Rico. Ann Bot. 2008; 102(1):23-30. DOI: 10.1093/aob/mcn056

McDade LA. Pollinator relationships, biogeography, and phylogenetics. BioScience. 1992; 42(1):21-26.

Myers N, Mittermeier RA, Mittermeier CG, da Fonseca GAB, Kent J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. Nature. 2000; 403: 853-858.

Okuyama Y, Kato M, Murakami N. Pollination by fungus gnats in four species of the genus Mitella (Saxifragaceae). Bot J Linn Soc. 2004; 144(4): 449-460. DOI:10.1111/j.1095-8339.2003.00259.x

Ollerton J, Armbruster WS, Vásquez DP. The ecology and evolution of specialized and generalized pollination. In: Waser NM, Ollerton J, Editors. Plant-Pollinator Interactions from Specialization to Generalization. 2006; p.19-22.

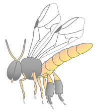
Ollerton J, Alarcón R, Wasser NM, Price MV, Watts S, Cranmer L, et al. A global test of the pollination syndrome hypothesis. Ann Bot. 2009; 103(9):1471-1480. DOI: 10.1093/aob/mcp031

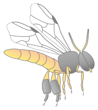
Pellmyr O. Pollination by animals. In: Herrera CM, Pellmyr O, Editors. Plant-Animal Interactions, An Evolutionary Approach. Blackwell Publishing. Massachussetts. 2002; p.157-184.

Potts SG, Biesmeijer JC, Kremen C, Neumann P, Schweiger O, Kunin WE. Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. Trends Ecol Evol. 2010; 25(6):345–353. DOI: 10.1016/j.tree.2010.01.007

Price PW. Species interactions and the evolution of biodiversity. In: Herrera CM, Pellmyr O, Editors. Plant-Animal Interactions, An Evolutionary Approach. Blackwell Publishing. Massachussetts. 2002; p.3-25.

Sanderson MJ, Donoghue MJ. Shifts in diversification rate with the origin of angiosperms. Science. 1994; 264(5165):1590-1593. DOI: 10.1126/science.264.5165.1590
Schemske DW. Biotic interactions and speciation in the tropics. In: Butlin, R. K.; J. R. Bridle & D. Schulter (Eds.). Speciation and Patterns of Diversity. Cambridge University Press. British Ecological Society. 2009; p. 219-239.
Steffan-Dewenter I, Potts SG, Packer L. Pollinator diversity and crop pollination services are at risk. Trends Ecol Evol. 2005; 20(12):651–652. DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.tree.2005.09.004
Waser NM. Specialization and Generalization in Plant-Pollinator Interactions: A Historical Perspective. 2006; In Waser NM, OLLERTON J, editors. Plant-Pollinator Interactions. From Specialization to Generalization. The University of Chicago Press, Chicago. p.3-17.
Waser NM, Chittka L, Price MV, Williams NM, Ollerton J. Generalization in pollination systems, and why it matters. Ecology. 1996; 77:1043-1061. DOI:http://dx.doi.org/10.2307/2265575
Wiehler H. A synopsis of the Neotropical Gesneriaceae. Selbyana. 1983; 6(1-4):1-219.





CAPÍTULO 2

EL SERVICIO ECOSISTÉMICO DE POLINIZACIÓN PRESTADO POR LAS ABEJAS

María Argenis Bonilla Gómez Ph.D.
Grupo de investigación Biología de Organismos Tropicales-Biotun, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá. *mabonillag@unal.edu.co*

INTRODUCCIÓN

Un servicio ecosistémico es un proceso ecológico que beneficia a las sociedades humanas (Daily, 1997); son todos los beneficios tangibles e intangibles que obtienen las personas a partir del funcionamiento natural de los ecosistemas (Millenium Ecosystem Assessment, 2005a). Los servicios ecosistémicos que demanda la sociedad provienen de la biodiversidad en sí misma (individuos, poblaciones, especies, comunidades e interacciones entre especies) y de las interacciones entre ésta y el medio físico, que a su vez configuran las funciones en los ecosistemas (Fig. 2.1).

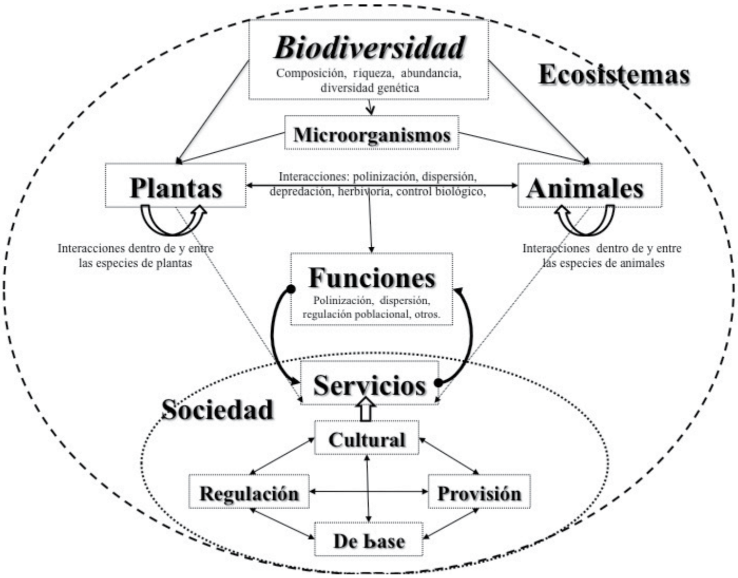


Figura 2.1. Marco conceptual que muestra la relación entre la biodiversidad, las funciones y los servicios de los ecosistemas. Tanto la biodiversidad como la sociedad están inmersas en los ecosistemas. Los servicios surgen por la demanda y la utilización que hace la sociedad de la naturaleza. El uso que hace la sociedad afecta a las funciones y a su vez a los servicios.

Así, servicios como la provisión de alimento por los agroecosistemas, los ecosistemas naturales y la regulación de ciclos hidrológicos que prestan los bosques, están relacionados, en parte, con interacciones como la polinización y la dispersión de frutos y semillas. Si estas interacciones se alteran drásticamente, la función podría desaparecer y por tanto el servicio que estas prestan al bienestar humano (Memmott *et al.,* 2004; Bascompte y Jordano, 2007; Kremen y Chaplin-Kramer, 2007).

La Evaluación de los ecosistemas del milenio (Millenium Ecosystem Assessment, 2003b; 2005a) propuso cuatro categorías para los servicios de los ecosistemas: aprovisionamiento, regulación, cultural y de base. Los servicios de provisión son los productos de uso humano directo obtenidos de los ecosistemas como: alimento, fibras, combustibles, medicinas naturales y agua dulce. Los servicios de regulación son los beneficios obtenidos de la regulación de los procesos de los ecosistemas como: el clima, la circulación del agua, control de la erosión, purificación del agua, control biológico de plagas y protección contra desastres naturales. Por su parte, los servicios de base son aquellos necesarios para la producción de todos los otros servicios de los ecosistemas. Algunos de estos servicios son: polinización, formación y retención de los suelos, reciclado de nutrientes, producción primaria, producción de oxígeno a partir la fotosíntesis, provisión de hábitats, entre otros. Finalmente, los servicios culturales son los beneficios inmateriales que obtiene la gente de los ecosistemas a través del enriquecimiento espiritual, desarrollo cognitivo, reflexión, recreación y experiencias estéticas.

En la última década ha crecido el interés por entender cómo el uso que los humanos hacen de la naturaleza afecta el funcionamiento de los ecosistemas y cómo, a su vez, esto afecta el bienestar humano (Balvanera, *et al*., 2005; Kremen, 2005; Kremen y Ostfeld, 2005; Dobson *et al*., 2006; Raudsepp-Hearne *et al*., 2010). Múltiples estudios se han centrado en analizar el efecto de la pérdida de la biodiversidad, el aumento de las especies invasoras, el cambio en la composición de especies en las comunidades y de diversas formas de intervención antrópica sobre algunas funciones en los ecosistemas y sobre los servicios ambientales que estos prestan para el bienestar humano (Díaz *et al*., 2005; Hooper *et al.,* 2005; Millenium Ecosystem Assessment, 2005a; 2005b; Tscharntke *et al*., 2005; Balvanera *et al*., 2006; Duffy *et al*., 2007). Así mismo, Balvanera *et al*., (2001), Egoh *et al.,* (2007), Macfadyen *et al.,* (2012) y Cimon-Morin *et al.,* (2013) hacen un llamado de atención para que la planeación de las áreas de conservación y los paisajes agrícolas incluyan en sus evaluaciones los servicios ecosistémicos y consideren explícitamente el bienestar humano. Recientemente, Díaz *et al*., (2011) propusieron un marco conceptual y metodológico para lograr una aproximación interdisciplinaria que permita analizar de manera integrada las relaciones entre la diversidad funcional, los servicios de los ecosistemas y las acciones humanas. Esta aproximación permite conectar el entendimiento del papel ecológico de la biodiversidad con su relevancia social como servicio ecosistémico.

En este contexto, el objetivo de esta revisión es brindar elementos conceptuales para el entendimiento de la relación entre la biodiversidad y la prestación del servicio de polinización ofrecido por animales; esta revisión se enfoca fundamentalmente en las abejas. Se busca también mostrar un panorama de hacia dónde se han dirigido los esfuerzos en

diferentes países y escuelas del mundo para entender el servicio de polinización y con ello orientar la identificación de problemas y el planteamiento de preguntas para el desarrollo de la Iniciativa Colombiana de Polinizadores, capítulo Abejas en un país tropical, con una producción agrícola importante que requiere el servicio de polinización y cuya prestación puede estar amenazada por la intensificación de la agricultura y la disminución, fragmentación y destrucción de los hábitat naturales.

LA POLINIZACIÓN BIÓTICA COMO SERVICIO ECOSISTÉMICO

La polinización biótica es un servicio ecosistémico resultante de la interacción mutualista entre las plantas que necesitan movilizar su polen hasta estigmas coespecíficos, usando para ello un animal como vector del polen, y los animales, por su parte, dependen de encontrar en las plantas recursos para su alimentación y reproducción. Así, la interacción planta-polinizador involucra, fundamentalmente, elementos del componente reproductivo de la adecuación para las plantas y elementos tanto de la supervivencia como de la reproducción para los animales (Fig. 2.2).

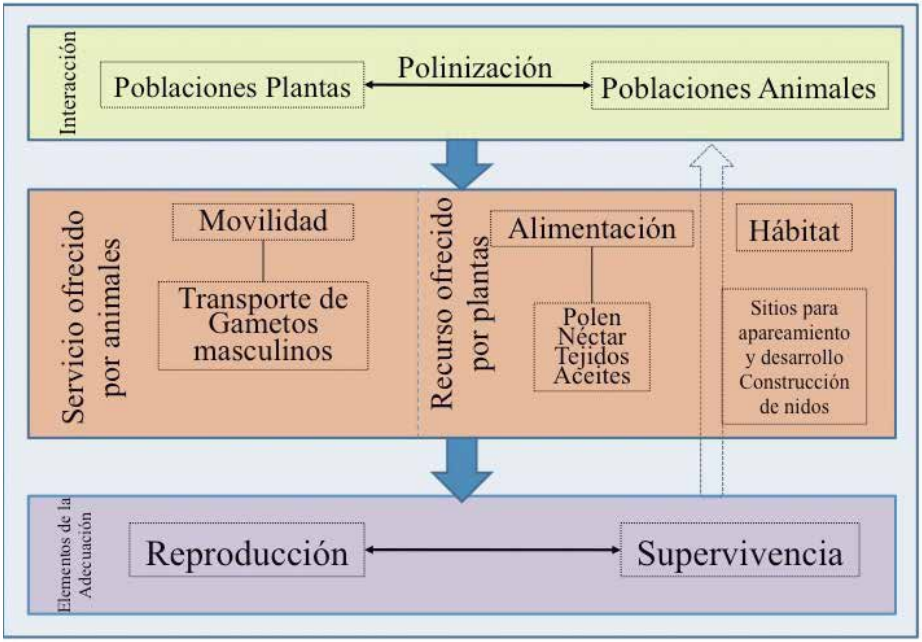


Figura 2.2. Modelo conceptual de los recursos y elementos involucrados en la interacción planta-polinizador. En la interacción las plantas requieren que los animales movilicen sus gametos masculinos y para ello les ofrecen recursos para su supervivencia como hábitat, alimentación y sitios para la reproducción. El uso que las plantas y los animales hacen de estos recursos puede afectar tanto su reproducción como la supervivencia.

Para las plantas, una falla en el transporte y depósito del polen en el estigma representa una disminución en su potencial reproductivo que puede afectar notablemente su adecuación. Así, se considera que la planta presenta una limitación reproductiva debida al polen, y características de la comunidad de polinizadores como su identidad, abundancia y diversidad pueden aumentar la intensidad de esta limitación (Gómez *et al.*, 2010a).

En algunos casos los animales que actúan como polinizadores no solo buscan alimento en las plantas, sino que realizan todo su ciclo de vida en el interior de flores o inflorescencias. Esta estrecha interacción ha presionado la evolución de caracteres morfológicos y bioquímicos tanto en las plantas como en los animales. Dos de los casos más intensamente estudiados son: la interacción entre las polillas de los géneros *Parategeticula* y *Tegeticula* (Lepidoptera: Prodoxidae) que polinizan las flores de las asparagaceas, del género *Yucca* (Bogler, *et al.*, 1995) y las avispas agaónidas que polinizan diversas especies del género *Ficus* (Cook y Rasplus, 2004; Machado *et al.*, 2005).

Aunque todavía no hay acuerdo entre los científicos acerca del número de Angiospermas, Dirzo y Raven (2003) estimaron un total cercano a las 500.000 especies. En lo que muchos investigadores sí están de acuerdo, es en que un porcentaje muy alto del total de las plantas con flores es polinizado por animales. Por ejemplo, Ollerton, *el at.*, (2011) estimaron que 308.006 especies de plantas con flores son polinizadas por animales. Así mismo, estos investigadores enfatizaron que, en promedio, el 94% de las especies de plantas con flores en las zonas tropicales son polinizadas por animales, en contraste con el 78% en las zonas templadas. Estas cifras destacan la importancia de la disminución de los polinizadores, la cual podría poner en riesgo la existencia de una porción importante de la flora del planeta.

El servicio de polinización biótica es prestado por diversos grupos de animales incluyendo mamíferos, aves e insectos. Los insectos, con una riqueza entre 2,5 y 3,7 millones de especies, estimada recientemente por Hamilton *et al.*, (2010), son considerados como los polinizadores más importantes tanto en ecosistemas naturales como en agroecosistemas (Kremen y Chaplin-Kramer, 2007). Actualmente, grupos basales de las angiospermas que incluyen Nymphaeaceae, Magnoliaceae, Annonaceae y Aristolochiaceae son polinizadas por coleópteros grandes (*Cyclocephala*), moscas altamente especializadas y trips (Endress, 2010).

Entre los insectos polinizadores se destacan las abejas ya que representan la mitad de todos los animales que polinizan las plantas tropicales (Roubik, 1995), tanto en áreas cultivadas como en ecosistemas naturales.

Las abejas silvestres y las manejadas, fundamentalmente *Apis mellifera*, son las principales polinizadoras de muchos cultivos (Klein *et al.*, 2007; James y Pitts-Singer, 2008). Distintos grupos de abejas están involucrados en la producción de frutos y semillas o en el mejoramiento de la producción de los siguientes grupos de cultivos (Roubik, 1995):

1. Frutales como manzana, durazno, naranja, limón, nuez, mango, cereza, coco, uva, dátil, papaya, chirimoya, melón, sandía, granadilla, maracuyá, uchuva, fresa, frambuesa, agraz, arazá, y copoasú, entre otros.
2. Legumbres y verduras como calabaza, arveja, fríjol, remolacha, pepino, ahuyama, y tomate.
3. Semillas de aceite como lino, mostaza, girasol, palma, oliva, maní y ajonjolí.
4. Condimentos y bebidas como pimienta negra, cacao, cardamomo, endivia, café, té y vainilla.
5. Forrajes como alfalfa.
6. Fibras como algodón y cabuya.

Adicionalmente, la mayoría de frutos y verduras económicamente importantes que se autopolinizan se benefician de la visita de abejas silvestres y de abejas manejadas ya que aumentan el llenado o el tamaño y calidad de los frutos (Klein *et al*., 2007). Así mismo, la polinización realizada por abejas incrementa la producción total de semillas de canola en Canadá (Morandin y Winston, 2006) y mejora la calidad y cantidad de los frutos de la sandía (Klein *et al*., 2003).

LA SITUACIÓN DE LAS ABEJAS MANEJADAS (*APIS MELLIFERA*) PARA LA POLINIZACIÓN EN CULTIVOS COMERCIALES

En los Estados Unidos, la desaparición de miles de colonias de abejas manejadas en más de 22 estados, conocida como el Desorden del Colapso de las Colonias (Colony Collapse Disorder, CCD), ha puesto en peligro la producción de cultivos que dependen de la polinización por estas abejas (Usda, 2010). Así, mientras en 2007 los servicios de polinización prestados por estas abejas en cultivos especializados como: nueces, bayas, frutas y hortalizas fueron equivalentes a 75 mil millones de dólares, en 2010 la producción de estos mismos alimentos cayó a 15 mil millones de dólares (Usda, 2010).

Dado que cerca del 90% de los servicios de polinización de muchos cultivos en Norte América y otras partes del mundo son prestados por una única especie (*Apis mellifera*), Kremen y Chaplin-Kramer (2007) consideran demasiado arriesgado confiar a una sola especie tan importante tarea. Según Kremen (2008) los riesgos de esta dependencia en una sola especie radican en dos aspectos básicos. Por una parte, el reto de mantener una provisión estable de abejas manejadas, que se ha vuelto crítico en los últimos años con el aumento del CCD, causado en parte por la incidencia de patógenos y parásitos como el ácaro *Varroa destructor* (Kraus y Page 1995), y por otra parte, la limitación en el servicio de polinización prestado por una sola especie, comparado con el que prestan muchas especies de abejas nativas en áreas que aún conservan hábitats naturales. Con relación a este punto, Winfree *et al*., (2007) encontraron que en un cultivo de sandía, las abejas nativas por sí solas fueron suficientes para la polinización completa del cultivo

en las diferentes fincas. Los autores destacan que la alta diversidad de abejas nativas (46 especies) pueden considerarse como un "seguro" ya que pueden compensar la pérdida de los servicios por la disminución de los polinizadores manejados.

Por su parte, Breeze *et al.*, (2011) encontraron que en el Reino Unido el servicio de polinización ofrecido por las abejas de la miel cayó de 70% en 1984 hasta el 34% en 2007. A pesar de esta importante disminución, los cultivos polinizados por insectos han aumentado en promedio en 54% desde 1984, sembrando la duda sobre la creencia de que las abejas de la miel proporcionan la mayoría de los servicios de polinización. Así, Ghazoul (2005) plantea que hay dudas acerca de si realmente hay una crisis general del servicio de polinización prestado por las abejas y por tanto del descenso en la producción de muchos cultivos polinizados por ellas.

Frente a la situación anteriormente planteada, Kremen (2008) enfatiza que es necesario superar la alta dependencia en las abejas manejadas para polinización de cultivos y por tanto se deben considerar las siguientes ventajas que tienen las abejas nativas para la prestación de este servicio. En primer lugar, las abejas nativas pueden reemplazar parcial o totalmente el servicio de abejas manejadas si su función es redundante con la de éstas. Segundo, pueden aumentar los servicios de polinizadores manejados a través de comportamientos que incrementan su efectividad. Tercero, pueden ofrecer el servicio a plantas que no son eficientemente polinizadas por polinizadores manejados, y cuarto, pueden aumentar la productividad en plantas autopolinizadas, cuya polinización raramente es manejada.

En general, no es posible tomar una sola de estas alternativas para enfrentar los problemas por los que pasan las abejas manejadas actualmente, al menos en Norte América. Dada la oportunidad que representan las abejas silvestres para el servicio de polinización, varios autores han propuesto alternativas como la domesticación y comercialización de más especies de abejas silvestres y la conservación y aumento de los polinizadores silvestres cerca de cultivos (Kremen, 2008). En este sentido, es necesario destacar las iniciativas que se han propuesto e implementado en el Neotrópico, básicamente en México, Brasil y Colombia, para domesticar varias especies de abejas nativas sociales silvestres sin agujón de la subfamilia Meliponinae (Nogueira-Neto, 1997; Rosso-Londoño y Nates-Parra, 2005; Nates-Parra, 2005). Varios autores han llamado la atención para generar evidencia en otros lugares del mundo donde las abejas silvestres pueden jugar un papel importante (Winfree *et al.*, 2007; 2008).

LA SITUACIÓN DEL SERVICIO DE POLINIZACIÓN PRESTADO POR LAS ABEJAS SILVESTRES

En diferentes partes del mundo la riqueza y abundancia de las abejas silvestres están disminuyendo de una manera alarmante (Potts *et al.*, 2010). En Europa, Biesmeijer *et al.*, (2006) realizaron un estudio ampliamente documentado con datos del Reino Unido y

Holanda, mostrando una disminución importante tanto en los polinizadores como abejas silvestres, moscas y mariposas en los últimos 50 años, como en las comunidades de plantas silvestres. Para los autores, esta disminución puede ser recíproca y mostrar que las abejas pueden estar disminuyendo debido a la falta de recursos y las plantas pueden estar disminuyendo por falta de polinizadores o que ambos pueden estar disminuyendo debido a factores ambientales que los afectan simultáneamente.

En los Estados Unidos, Cameron *et al*., (2011) demostraron que la abundancia relativa de cuatro especies de abejorros del género *Bombus* (*Bombus affinis*, *B. occidentalis*, *B. pensylvanicus* y *B. terricola*) disminuyó en un 96% y que sus rangos de distribución geográfica se contrajeron en 23% para *B. pensylvanicus* y en 87% para *B. affinis* en los últimos 20 años. Adicionalmente, estas poblaciones mostraron niveles de infección altos del microsporidio patógeno *Nosema bombi* y menor diversidad genética que las poblaciones de otras especies de *Bombus* que han permanecido estables. Este desalentador panorama prende una alarma sobre la interacción entre la disminución de la abundancia de las abejas nativas, su relación con el "empobrecimiento genético" de las poblaciones, la incidencia de patógenos y los efectos que puedan tener estos factores sobre la prestación del servicio de polinización en ecosistemas naturales y en agroecosistemas.

Un meta-análisis de 54 publicaciones realizado por Winfree *et al*., (2009), mostró que los disturbios antrópicos tuvieron un efecto negativo significativo sobre la riqueza y la abundancia de las abejas silvestres no manejadas, aunque la magnitud del efecto no fue grande. Adicionalmente, el disturbio con mayor efecto sobre la riqueza y la abundancia de las abejas silvestres fue la fragmentación y la pérdida de hábitat.

Factores como la intensificación de la agricultura, la pérdida del hábitat, la fragmentación, el uso de plaguicidas en la agricultura, los parásitos y las enfermedades han sido identificados como los principales causantes de este vertiginoso descenso (Buchmann y Nabhan, 1996; Potts *et al.,* 2010; Brittain *et al*., 2010). La intensificación de la agricultura, que aumenta el tamaño de los cultivos, disminuye el tamaño de los hábitats naturales necesarios para el sostenimiento de los polinizadores nativos y usa grandes cantidades de plaguicidas y agroquímicos, ha puesto en peligro el servicio de polinización de los cultivos por las abejas nativas toda vez que afecta el mantenimiento de su diversidad y su abundancia (Kremen *et al*., 2007; Kremen y Chaplin-Kramer, 2007; Potts *et al.,* 2010; Kennedy *et al.* 2013).

La cantidad de hábitat natural disponible cerca de áreas cultivadas puede afectar notablemente la prestación del servicio de polinización por abejas nativas (Steffan-Dewenter y Westphal, 2008; Kennedy *et al*., 2013). En un estudio en California por Kremen *et al*., (2004) encontraron que la polinización en los cultivos realizada por abejas nativas estuvo positivamente relacionada con la proporción del hábitat natural remanente alrededor de las fincas; la escala de acción del servicio estuvo relacionada con la distancia de forrajeo de las abejas. El servicio de polinización fue más estable y predecible a medida que aumentaron los hábitats naturales disponibles.

En una revisión realizada por Kennedy *et al.,* (2013), que incluyó datos de polinizadores y características del paisaje de 650 sitios cultivados en 39 estudios en diferentes biomas y para 23 cultivos con diferentes dependencias en los polinizadores, los investigadores encontraron que la riqueza de abejas silvestres estuvo fuertemente determinada por la composición del paisaje y por el tipo de manejo del cultivo (orgánico vs convencional), mientras que la abundancia de las abejas silvestres fue predicha mejor por el tipo de manejo del cultivo, la diversidad de la escala del cultivo (localmente simple vs localmente diverso), tanto para el total como para las abejas sociales y las solitarias.

Varios estudios han demostrado que el tipo de manejo que se hace en fincas orgánicas y fincas convencionales afecta de manera significativa la riqueza y la abundancia de diversos grupos de organismos, incluyendo vertebrados e invertebrados (Hole *et al*., 2005). En relación con las abejas silvestres, Kennedy *et al.,* (2013) encontraron que la abundancia y riqueza de especies aumentaron en las fincas orgánicas. Kremen, *et al.,* (2002) encontraron que, en fincas orgánicas del norte de California, localizadas cerca de hábitats naturales, los requerimientos de polinización, aún para especies altamente demandantes como la sandía, fueron totalmente satisfechos por las abejas nativas sin necesidad de incluir abejas manejadas. En contraste, en las fincas convencionales y distantes de hábitats naturales, la polinización por abejas nativas fue insuficiente. Así mismo, Greenleaf y Kremen (2006) encontraron que en 14 fincas orgánicas del norte de California que cultivan tomates, las especies de abejas nativas que coexisten en el área (*Anthophora urbana* y *Bombus vosnesenskii*) aumentaron la producción de tomate, pero respondieron de manera distinta a la cantidad del hábitat natural disponible y a la distancia del mismo a la finca. En conjunto, los resultados de estas investigaciones demuestran que la intensificación de la agricultura reduce la abundancia y diversidad de las abejas nativas, por tanto disminuye el servicio que ellas prestan a los cultivos comerciales, además que es necesario considerar la historia natural de cada especie al hacer recomendaciones de diseño y manejo espacial de las fincas.

Pocos estudios han mostrado la importancia del manejo tradicional ancestral o campesino poco tecnificado de los cultivos para el mantenimiento de la diversidad, tanto de los polinizadores como del servicio que ellos prestan a los cultivos y a las plantas nativas. En cultivos de café de sombra en el sur de Chiapas en México, Jha y Dick (2010) demostraron que el manejo de tradicional es necesario para el sostenimiento de una diversa fauna de abejas nativas que aumentan la fecundidad y la diversidad genética de árboles que crecen tanto en el interior del bosque como en los cafetales y que requieren polinizadores especializados como las abejas que deben zumbar para extraer el polen.

Aún en áreas tropicales o subtropicales donde los cultivos todavía están rodeados por grandes extensiones de bosques nativos, poco alterados, varios estudios demostraron que la distancia del cultivo al bosque afecta la diversidad y abundancia de los polinizadores nativos y por tanto su efectividad en la polinización de cultivos comerciales. Klein (2009) encontró que en plantaciones de café en Indonesia las cuales crecieron cerca del bosque nativo, donde las abejas eran más diversas y abundantes, el llenado de los frutos fue más estable, que en plantaciones lejanas al bosque. Estas diferencias podrían estar

relacionadas con cambios espacio-temporales en las necesidades de las abejas, afectando con ello la estabilidad en el servicio de polinización en los cultivos. De la misma manera, Ricketts *et al*., (2004), en un estudio realizado en plantaciones de café en Costa Rica, encontraron que la cosecha fue superior en un 21% en aquellas cercanas a parches de bosque, básicamente por la polinización realizada por las abejas nativas. En estas plantaciones la polinización también mejoró la calidad de los granos de café y redujo en un 27% la frecuencia de semillas pequeñas (peaberries). Tanto la actividad de las abejas nativas como la eficacia de su polinización disminuyeron significativamente a medida que aumentó la distancia de los cultivos al bosque.

Por otra parte, en plantaciones de mango en África del Sur, Carvalheiro *et al*., (2010) encontraron que un aumento en el uso de abejas manejadas (*Apis*), no pudo contrarrestar los efectos negativos de la distancia al hábitat natural sobre la polinización del cultivo. La abundancia y riqueza de las abejas polinizadoras cayó en un 80% a distancias superiores a 500 m del bosque, sugiriendo que los polinizadores voladores de las flores de mango son particularmente susceptibles a grandes cambios en el hábitat. Adicionalmente, la producción cayó en un 40% en áreas aisladas a más de 500 m de distancia. En este caso, ni el tamaño de las áreas naturales circundantes ni el uso de abejas manejadas mejoraron los efectos negativos de la distancia a los hábitats naturales sobre la abundancia de las abejas. Así, aún en áreas rodeadas por zonas naturales con alta biodiversidad, puede presentarse una disminución de la abundancia y riqueza de los principales polinizadores si los cultivos son muy grandes.

Dado que el efecto de la fragmentación, la pérdida de los hábitats, y el uso de plaguicidas, inciden sobre la polinización no solo a nivel local, sino a escalas mayores como la de paisaje, varios autores han llamado la atención para considerar en los análisis del servicio de polinización no solo el tamaño de las fincas y los cultivos o el tipo de manejo que se hace (orgánico vs convencional), sino la configuración del paisaje a diferentes escalas. Fahrig *et al*., (2011) proponen que el mantenimiento de los servicios de la biodiversidad en los agroecosistemas debe considerar explícitamente el análisis de la heterogeneidad en la composición de los paisajes como el número y la proporción de diferentes tipos de cobertura vegetal, y de la heterogeneidad en la configuración de los mismos, es decir el arreglo espacial de los tipos de cobertura. De la integración de estos dos elementos depende el análisis de la heterogeneidad funcional del paisaje.

En un estudio detallado realizado en campos de trigo en Alemania, Holzschuh *et al*., (2010) encontraron que la diversidad de abejas, avispas y parasitoides, estuvo afectada por la importancia relativa de la composición en relación con la configuración del paisaje y por el tipo de hábitat en relación con el sistema de producción en las fincas. Así, la abundancia de las abejas incrementó donde había proporciones altas de hábitat natural (composición del paisaje), mientras que las avispas aumentaron donde la densidad de los bordes era mayor (configuración del paisaje). Estos resultados sugieren que en ecosistemas altamente transformados el mantenimiento de la abundancia de las abejas depende de la cantidad relativa del hábitat natural disponible, ya que allí encuentran sitios para nidificación y refugio contra depredadores.

Teniendo en cuenta el arreglo espacial de los remanentes de hábitat natural en relación con el cultivo, es posible establecer un diseño óptimo del paisaje para la prestación del servicio de polinización. Brosi *et al.*, (2008) propusieron un modelo que considera los elementos del paisaje como celdas y formularon diversos arreglos espaciales buscando la optimización del servicio de polinización. Los resultados del modelo mostraron tres características poco evidentes en el diseño del paisaje agrícola. Primero, los diseños óptimos tienen los remanentes del hábitat natural diseminados por toda la finca y no concentrados en el centro. Segundo, la configuración óptima no es una combinación simple de remanentes uniformes en tamaño y distancia. Al contrario, muchos diseños óptimos incluyen parches grandes para asegurar la persistencia de las poblaciones de abejas, con parches pequeños dispersos para proporcionar un servicio de polinización espacialmente uniforme. Y, tercero, la necesidad de un servicio de polinización especialmente homogéneo restringe la capacidad de los finqueros para mantener los remanentes naturales en las áreas menos fértiles en las fincas heterogéneas. En conclusión, el modelamiento del diseño del paisaje permite establecer las combinaciones de posición y cantidad de los remanentes del hábitat natural necesarios para optimizar la prestación del servicio de polinización.

Como aspecto final, y no por ello menos importante, Memmott *et al.*, (2007) y Hegland *et al.*, (2009) llaman la atención sobre la manera en la cual el calentamiento global podría afectar el servicio de polinización al modificar características de la estructura de las interacciones planta-polinizador, particularmente generando desacoples espaciales y temporales entre las plantas y sus polinizadores. Al respecto, Memmott *et al.*, (2007) analizaron los cambios en la fenología en una red bien conocida de plantas y sus visitantes florales, simulando el efecto del enriquecimiento con CO_2 en la atmósfera. Los resultados de esta investigación mostraron que el calentamiento global puede generar cambios en la fenología de las plantas que llegarían a "desorganizar" el acople temporal entre los polinizadores y sus fuentes de recursos en las plantas. Sin embargo, Hegland *et al.*, (2009) enfatizan que si bien las simulaciones son herramientas importantes para la investigación del efecto del cambio climático global, es necesario conocer las premisas, las restricciones y los alcances de los modelos para hacer las simulaciones. Además, se requiere hacer trabajo de campo a largo plazo que permita obtener la evidencia empírica de la forma en la cual se ha generado un desacople entre las plantas y sus polinizadores.

NUEVAS HERRAMIENTAS PARA EL ESTUDIO DE LA COMPLEJIDAD DEL SERVICIO DE POLINIZACIÓN

Para abordar la complejidad de las relaciones involucradas en el servicio de polinización ha tomado fuerza en los últimos diez años el uso de las herramientas del análisis de redes (Bascompte *et al.*, 2006; Bascompte y Jordano, 2007; Ings *et al.*, 2008; Vásquez *et al.*, 2009a; 2009b; Blüthgen, 2010; Gómez *et al.*, 2010b).

El uso de estas herramientas analíticas permite la simulación de escenarios predictivos útiles para el manejo, conservación y restauración del servicio de polinización, y brindan elementos para entender los patrones y mecanismos que subyacen en la "arquitectura de la biodiversidad" (Bascompte y Jordano, 2007). Esta aproximación permite superar el nivel descriptivo en los estudios planta-polinizador e integrar la información de la interacción considerando su estructura, funcionalidad y robustez. Así, es posible simular la estabilidad y la susceptibilidad a la extinción de la función en redes de polinización en las cuales éstos son los nodos conectores principales (Memmott *et al.*, 2004; Memmott *et al.*, 2007).

El análisis de redes ha permitido encontrar patrones generales en las redes mutualistas como las de polinización y dispersión de frutos y semillas (Bascompte y Jordano 2007) y peces en estaciones de limpieza (Guimarães *et al.*, 2007). En relación con los mecanismos involucrados en la estructuración de las redes mutualistas planta-animal y los patrones que emergen, Vásquez *et al.*, (2009a) revisaron los siguientes patrones generales: primero, en una red mutualista solo ocurren unas pocas interacciones del total posible. Segundo, muchas especies tienen pocas conexiones y pocas especies tienen muchas conexiones. Tercero, muchas conexiones son débiles y pocas conexiones son fuertes. Cuarto, Muchas interacciones son asimétricas (Vásquez y Aizen, 2004). Quinto, las redes mutualistas tienden a ser anidadas, esto es la tendencia de las especies poco conectadas a interactuar más que lo esperado por azar, con un subconjunto de especies altamente conectadas (Bascompte *et al.*, 2003). Y, sexto, las redes mutualistas tienden a ser compartimentalizadas o modulares, esto significa que hay grupos de especies claramente definidos con muchas conexiones dentro del grupo y pocas conexiones entre los grupos (Olesen *et al.*, 2007).

Estas características de las redes mutualistas, particularmente de las redes de polinización y dispersión, han sido examinadas desde múltiples perspectivas. Recientemente, Bastolla *et al.*, (2009) analizaron conjuntamente datos empíricos y resultados de simulaciones en redes de polinización y dispersión, encontrando que el anidamiento en estas redes reduce la competencia interespecífica y aumenta el número de especies que coexisten. Este tipo de análisis es necesario para cuantificar la importancia de la estructura de la red para el mantenimiento de la biodiversidad. Fundamentalmente, esta aproximación puede brindar luces para evaluar las contribuciones relativas de distintos mecanismos para el mantenimiento de las interacciones y por tanto de las funciones y los servicios que prestan la biodiversidad al bienestar humano.

A pesar de la reciente popularidad de los análisis de redes complejas, Blüthgen (2010) alerta sobre las trampas que presentan estos análisis cuya interpretación biológica en muchos casos puede no ser la más apropiada debido a fallas profundas en la formulación de las preguntas de investigación y en el diseño de los muestreos y experimentos. En este caso es importante considerar que el uso apropiado de las herramientas de simulación no se basa solo en los paquetes disponibles para hacer los análisis sino en un conocimiento detallado de la interacción estudiada y en una fundamentación conceptual en ecología de las interacciones.

CONSIDERACIONES FINALES Y SÍNTESIS

A manera de síntesis, se propone un modelo conceptual general que busca integrar los diferentes elementos analizados en esta revisión y que además sea útil para el estudio, manejo, mantenimiento, conservación y restauración del servicio de polinización (Fig. 2.3) con miras a la implementación de la Iniciativa Colombiana de Polinizadores.

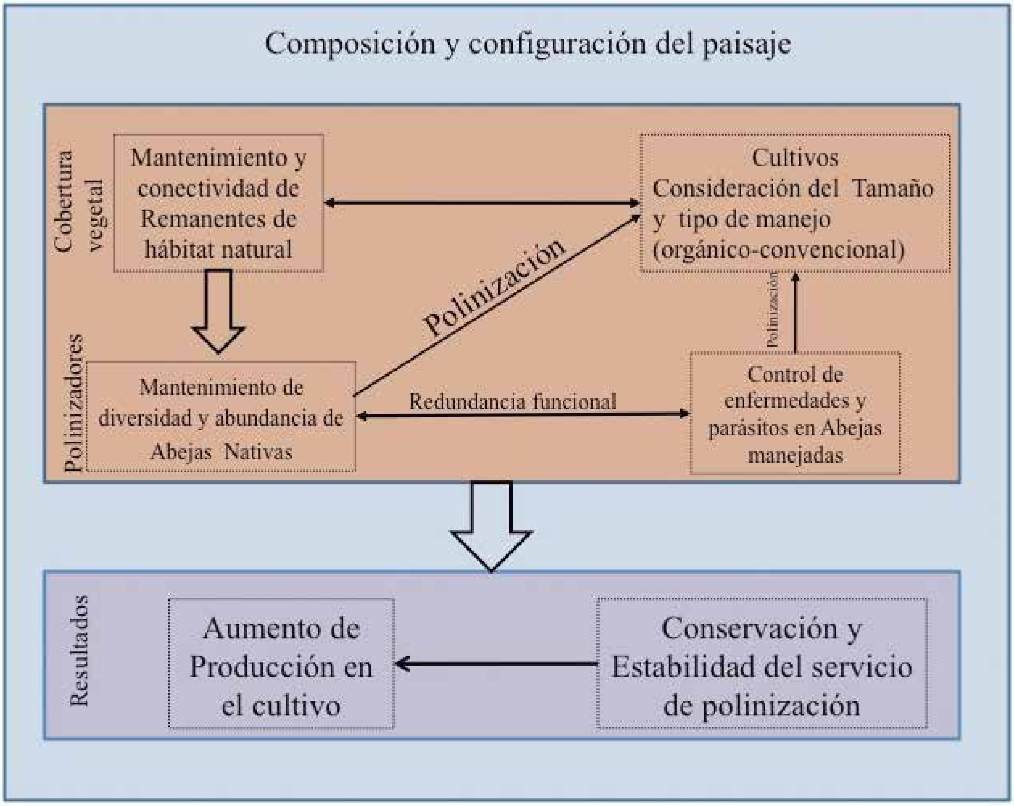


Figura 2.3. Modelo conceptual de los elementos a considerar para el mantenimiento y la restauración del servicio de polinización en áreas con cultivos que aún mantienen remanentes de hábitat natural a su alrededor.

En primer lugar, es fundamental considerar el contexto del paisaje a las diferentes escalas en las cuales se presta el servicio de polinización. Esto es, la identificación de la composición y configuración del paisaje en relación con los tipos y cobertura de los cultivos y los remanentes de vegetación natural disponibles. Los remanentes de hábitat natural son importantes para las abejas silvestres porque allí encuentran recursos, como sitios y materiales para la nidificación, y refugios que no existen en los cultivos. Esta consideración espacial permitiría establecer estrategias para el mantenimiento de los remanentes

existentes y la búsqueda de arreglos espaciales que faciliten la construcción de corredores para mejorar la conectividad entre los parches remanentes. Otro elemento importante a considerar es el tamaño y tipo de manejo que se hace a los cultivos en las fincas. Estos aspectos junto con la forma en que se relacionan con los remanentes de hábitats naturales son fundamentales para el estudio de la estabilidad del servicio de polinización.

En segundo lugar, se requiere un conocimiento detallado y de largo plazo de la composición y de las dinámicas espacio-temporales de las comunidades de polinizadores silvestres en las áreas con cultivos. De igual manera, se requieren análisis demográficos detallados para especies identificadas como claves en las comunidades. Así, con estudios a largo plazo y el uso de herramientas que permitan simular los requerimientos para diferentes especies, es posible analizar los cambios en riqueza y abundancia en escalas espaciales y temporales grandes. En este mismo contexto, se requiere análisis de las dinámicas espacio-temporales de las enfermedades y parásitos de las poblaciones de abejas silvestres y manejadas y modelamiento de la dispersión de las mismas usando las herramientas anteriormente mencionadas.

Adicionalmente, se requiere integrar la información de las interacciones planta-polinizador usando la aproximación de redes interactivas y las herramientas desarrolladas recientemente para el análisis de las mismas. Así, es posible integrar las redes en análisis espaciales para entender a diferentes escalas los patrones y los mecanismos que surgen en la arquitectura de las redes interactivas. Estas estrategias permitirán establecer el estado actual de tamaño y salud de las poblaciones y comunidades de abejas silvestres y con esto la identificación de prioridades para su manejo y conservación.

Finalmente, buscamos tanto el mejoramiento como la conservación y restauración del servicio de polinización que redundará en beneficio, tanto de los cultivadores como del mantenimiento de la biodiversidad en zonas altamente transformadas como la mayoría de áreas cultivadas.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco la revisión del manuscrito realizada por: la profesora Guiomar Nates-Parra, directora del LABUN de la Universidad Nacional de Colombia, el Dr. Rodolfo Dirzo de la Universidad de Stanford y la lectura externa hecha por Alejandro Pulido, que contribuyeron a mejorar y enfocar la propuesta inicial.

La base de esta revisión fue desarrollada durante una pasantía de investigación parcialmente financiada por el laboratorio del Dr. Dirzo en el Departamento de Biología de la Universidad de Stanford en California (Estados Unidos) entre enero y julio de 2011. Este trabajo se realizó como parte de las actividades del año sabático concedido a la autora por la Facultad de Ciencias, de la Universidad Nacional de Colombia.

REFERENCIAS

Balvanera P, Pfisterer AB, Buchmann N, He JE, Nakashizuka T, *et al.* Quantifying the evidence for biodiversity effects on ecosystem functioning and services. Ecol Lett. 2006;9(9):1146–1156. Doi: 10.1111/j.1461-0248.2006.00963.x

Balvanera P, Kremen C, Martínez-Ramos M. Applying Community Structure Analysis to Ecosystem Function: Examples from Pollination and Carbon Storage. Ecol Appl. 2005;15(1):360-375.

Balvanera P, Daily GC, Ehrlich PR, Ricketts TH, Bailey S, Kark S. *et al.* Conserving Biodiversity and Ecosystem Services. Science. 2001; 291(5511):2047.

Bascompte J, Jordano P. Plant–animal mutualistic networks: the architecture of biodiversity. Annu Rev Ecol Evol Syst. 2007; 38:567–593. Doi: 10.1146/annurev.ecolsys.38.091206.095818

Bascompte J, Jordano P, Olesen JM. Asymmetric coevolutionary networks facilitate biodiversity maintenance. Science. 2006;312(5772):431–433. Doi: 10.1126/science.1123412

Bascompte J, Jordano P, Melián CJ, Olesen JM. The nested assembly of plant-animal mutualistic networks. Proc Natl Acad Sci USA. 2003;100(16):9383–9387. Doi: 10.1073/pnas.1633576100

Bastolla U, Fortuna MA, Pascual-García A, Ferrera A, Luque B, Bascompte J. The architecture of mutualistic networks minimizes competition and increases biodiversity. Nature. 2009; 458:1018-1020. Doi:10.1038/nature07950

Biesmeijer JC, Robert SPM, Reemer M, Ohlemüller R, Edwards M, Peeters T, *et al*,. Parallel declines in pollinators and insect-pollinated plants in Britain and the Netherlands. Science. 2006; 313(5785): 351–354. Doi:10.1126/science.1127863

Blüthgen N. Why network analysis is often disconnected from community ecology: A critique and an ecologist's guide. Basic Appl Ecol. 2010;11(3):185–195. Doi: 10.1016/j.baae.2010.01.001

Bogler DJ, Neff JL, Simpson BB. Multiple origins of the yucca-yucca moth association. Proc Natl Acad Sci USA. 1995;92:6864-6867.

Breeze TD, Bailey AP, Balcombe KG, Potts SG. Pollination services in the UK: How important are honeybees?. Agr Ecosyst Environ. 2011;142(3-4):137–143. Doi: 10.1016/j.agee.2011.03.020

Brittain C, Bommarco R, Vighi M, Barmaz S, Settele Y, Potts SG. The impact of an insecticide on insect flower visitatio and pollination in an agricultural landscape. Agric For Entomol. 2010;12(3):259–266. Doi: 10.1111/j.1461-9563.2010.00485.x

Brosi BJ, Armsworth PR, Daily GC. Optimal design of agricultural landscapes for pollination services. Conservation Letters. 2008;1(1):27–36. Doi: 10.1111/j.1755-263X.2008.00004.x

Buchmann SL, Nabhan GP. The Forgotten pollinators. Island Press, Washington, DC, USA;1996.292 pp.

Cameron SA, Loziera JD, Strangeb JP, Kochb JB, Cordesa N, Solterd LF, *et al.* Patterns of widespread decline in North American bumblebees. Proc Natl Acad Sci USA. 2011;108(2):662–667. Doi: 10.1073/pnas.1014743108

Carvalheiro LG, Seymour CL, Veldtman R, Nicolson SW. Pollination services decline with distance from natural habitat even in biodiversity-rich areas. J Appl Ecol. 2010;4(4):810–820. Doi: 10.1111/j.1365-2664.2010.01829.x

Cimon-Morin J, Darveau M, Poulin M. Fostering synergies between ecosystem services and biodiversity in conservation planning: A review. Biol Conserv. 2013;166:144–154. Doi: 10.1016/j.biocon.2013.06.023

Cook JM, Rasplus JY. Mutualists with attitude: coevolving fig wasps and figs. Trends in Ecol Evol. 2003;18(5):241-248. Doi: 10.1016/S0169-5347(03)00062-4

Crane PR, Friis EM, Pedersen KR. The origin and early diversification of angiosperms. Nature. 1995;374:27-33. Doi:10.1038/374027a0

Daily GC. Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems. Island Press, Washington, DC;1997. p:1-10.

Díaz S, Quétiera F, Cáceres DM, Trainorc SF, Pérez-Harguindeguya N, Bret-Harted MS, *et al.* Linking functional diversity and social actor strategies in a framework for interdisciplinary analysis of nature's benefits to society. Proc Natl Acad Sci USA. 2011;108(3):895–902. Doi: 10.1073/pnas.1017993108

Díaz S, Tilman D, Fargione J, Chapin FI, Dirzo R, Kitzberger T, *et al.* Biodiversity regulation of ecosystem services. In: Hassan R, Scholes R, Ash N, editors. Ecosystems and human well-being. Current state and trends: Findings of the Condition and Trends. Island Press. Working Group Washington D. C.; 2005. p.297–329.

Dirzo R, Raven PH. Global State of Biodiversity and Loss. Ann Rev Enviro Resour. 2003;28:137-167. Doi: 10.1146/annurev.energy.28.050302.105532

Dobson A, Lodge D, Alder J, Cumming GS, Keymer J, McGlade J, *et al.* Habitat loss, trophic collapse, and the decline of ecosystem services. Ecology. 2006;87(8):1915-1924.

Duffy JE, Cardinale BJ, France KE, Mcintyre PB, Thébault E, Loreau M. The functional role of biodiversity in ecosystems: incorporating trophic complexity. Ecol Lett. 2007;10(6):522-538. Doi: 10.1111/j.1461-0248.2007.01037.x

Egoh B, Rouget M, Reyers B, Knight AT, Cowling RM, Van jaarsveld AS, Welz A. 2007. "Integrating Ecosystem Services into Conservation Assessments: A Review Ecol Econ. 2007;63(4):714–721. Doi: 10.1016/j.ecolecon.2007.04.007

Endress PK. The evolution of floral biology in basal angiosperms. Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci. 2010.365(1539):411-421. Doi:10.1098/rstb.2009.0228

Fahrig L, Baudry J, Brotons L. Functional landscape heterogeneity and animal biodiversity in agricultural landscapes. Ecol Lett. 2011;14:101–112. Doi: 10.1111/j.1461-0248.2010.01559.x

Ghazoul J. Buzziness as usual? Questioning the global pollination crisis. Trends Ecol Evol. 2005;20(7):367-373. Doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.tree.2005.04.026

Gómez JM, Abdelaziz M. Lorite J, Muñoz-Pajares AJ, Perfectti F. Changes in pollinator fauna cause spatial variation in pollen limitation. J Ecol. 2010;98(5):1243–1252. Doi: 10.1111/j.1365-2745.2010.01691.x

Gómez JM, Verdú M, Perfectti F. Ecological interactions are evolutionarily conserved across the entire tree of life. Nature. 2010;465:918-922. Doi:10.1038/nature09113

Greenleaf SS, Kremen C. Wild bee species increase tomato production and respond differently to surrounding land use in Northern California. Biol Conserv. 2006;133(1):81–87. Doi: 10.1016/j.biocon.2006.05.025

Guimarães PR, Sazima C, Furtado Dos Reis S, Sazima I. The nested structure of marine cleaning symbiosis: is it like flowers and bees?. Biol Lett. 2007;3(1):51–54. Doi:10.1098/rsbl.2006.0562

Hamilton AJ, Basset Y, Benke KK, Grimbacher PS, Miller SE, Novotny V, *et al.* Quantifying Uncertainty in Estimation of Tropical Arthropod Species Richness. T Am Naturalist. 2010;176(1):90-95.

Hegland SJ, Nielsen A, Lázaro A, Bjerknes AL, Totland Ø. How does climate warming affect plant-pollinator interactions?. Ecol Lett. 2009;12(2):184–195. Doi: 10.1111/j.1461-0248.2008.01269.x.

Hole, D.G., A. J. Perkins, J.D. Wilson, I.H. Alexander, P.V. Grice, A.D. Evans.. Does organic farming benefit biodiversity? Biological Conservation 2005; 122:113–130. DOI: 10.1016/j.biocon.2004.07.018

Holzschuh A, Steffan-Dewenter I, Tscharntke T. How do landscape composition and configuration, organic farming and fallow strips affect the diversity of bees, wasps and their parasitoids?. J Anim Ecol. 2010;79:491–500. Doi: 10.1111/j.1365-2656.2009.01642.x.

Hooper DU, Chapin FS, Ewel JJ, Hector A, Inchausti P. Effects of biodiversity on ecosystem functioning: A consensus of current knowledge. EcolMonogr. 2005;75:3–35. Doi: http://dx.doi.org/10.1890/04-0922

Hu S, Dilcher DL, Jarzen DM, Winship-Taylor D. Early Steps of Angiosperm-Pollinator Coevolution. Proc Natl Acad Sci USA. 2008;105(1):240-245. Doi: 10.1073/pnas.0707989105

Ings TC, Montoya JM, Bascompte J, Blüthgen N, Brown L, Dormann CFF, *et al.* Ecological networks–Beyond food webs. J Anim Ecol. 2008;78(1):253–269. Doi: 10.1111/j.1365-2656.2008.01460.x

James RR, Pitts-Singer TL. Bee Pollination in agricultural ecosystems. Oxford University Press. NY, USA;2008. pp. 232.

Jha S, Dick CW. Native bees mediate long-distance pollen dispersal in a shade coffee landscape mosaic. Proc Natl Acad Sci USA. 2010;107(31):13760–13764. Doi: 10.1073/pnas.1002490107

Kennedy CM, Lonsdorf E, Neel MC, Williams NM, Ricketts TH, Winfree R, *et al.* A global quantitative synthesis of local and landscape effects on wild bee pollinators in agroecosystems. Ecol Lett. 2013;16:584–599. Doi: 10.1111/ele.12082.

Klein AM. Nearby rainforest promotes coffee pollination by increasing spatio-temporal stability in bee species richness. Forest Ecol Manag. 2009;258(9):1838–1845. Doi: 10.1016/j.foreco.2009.05.005

Klein AM, Vaissiere B, Cane JH, Steffan-Dewenter I, Cunningham SA, Kremen C., *et al.* Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. Proc Biol Sci., 2007;274(1608):303–313. Doi: 10.1098/rspb.2006.3721

Klein, AM., Steffan-dewenter I, Tscharntke T. Fruit set of highland coffee increases with the diversity of pollinating bees. Proc Biol Sci. 2003;270(1518):955–961. Doi:10.1098/rspb.2002.2306

Kraus B, Page RE. Effect of *Varroa jacobsoni* (Meso-stigmata: Varroidae) on feral *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) in California. Environ Entomol. 1995;24(6):1473–1480.

Kremen C. Crop pollination services from wild bees. In: James, RR. y Pitts-Singer TL, (Eds), Bee Pollination in agricultural ecosystems. Oxford University Press; 2008.p: 1-26.

Kremen C. Chaplin-Kramer R. Insects as providers of ecosystem services: crop pollination and pest control. In: Insect Conservation and Biology, Eds. Stewart AJA., TR: New and T. O. Lewis. The Royal Entomological Society, London, UK; 2007. p:349-382.

Kremen C, Ostfeld RS. A call to ecologists: measuring, analyzing, and managing ecosystem services. Frontiers in Ecology and Environment. 2005;3(10):540–548.

Kremen, C. Managing ecosystem services: what do we need to know about their ecology?. Ecol Lett. 2005;8(5):468–479. Doi: 10.1111/j.1461-0248.2005.00751.x

Kremen C, Williams NM, Bugg RL, Fay JP, Thorp RW. The area requirements of an ecosystem service: crop pollination by native bee communities in California. Ecol Lett. 2004;7(11):1109–1119. Doi: 10.1111/j.1461-0248.2004.00662.x

Kremen C, Williams NM, Thorp RW. Crop pollination from native bees at risk from agricultural intensification. Proc Natl Acad Sci USA. 2002;99(26):16812–16816. Doi: 10.1073/pnas.262413599

Macfadyen S, Cunningham SA, Costamagna AC, Schellhorn NA. Managing ecosystem services and biodiversity conservation in agricultural landscapes: are the solutions the same?. J App Ecol. 2012;49(3):690–694. Doi: 10.1111/j.1365-2664.2012.02132.x

Machado CA, Robbins N, Thomas M, Gilbert P, Herre E. A Critical review of host specificity and its coevolutionary implications in the fig/fig-wasp mutualism. Proc Natl Acad Sci USA. 2005;102(1):6558–6565. DOI?

Memmott J, Waser NM, Price MV. Tolerance of Pollination Networks to Species Extinctions. Proc Biol Sci 2004; 271(1557):2605-2611. Doi: 10.1098/rspb.2004.2909

Memmott J, Craze PG, Waser NM, Price MV. Global warming and the disruption of plant–pollinator interactions. Ecol Lett. 2007;10(8):710–717. Doi: 10.1111/j.1461-0248.2007.01061.x
Millennium Ecosystem Assessment. Ecosystems and human well-being: Biodiversity synthesis. Washington D. C.: World Resources Institute; 2005a. p. 86
Millennium Ecosystem Assessment. *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Island Press, Washington, DC. 2005b. p. 155
Millennium Ecosystem Assessment. Living Beyond Our Means: Natural Assets and Human Well-being. Statement from the Board. Washington D. C.: Island Press; 2003a. p. 28
Millennium Ecosystem Assessment (Mea). Ecosystems and Their Services. In: Ecosystems and Human Well-being: A Framework for Assessment. Washington D. C.: Island Press; 2003b. p. 49–70.
Morandin LA, Winston ML. Pollinators provide economic incentive to preserve natural land in agroecosystems. Agric Ecos Environ. 2006;116:(3-4)289–292. Doi: 10.1016/j.agee.2006.02.012
Nates-Parra MG. Abejas Corbiculadas de Colombia. Editorial Universidad Nacional de Colombia (Sede Bogotá). Facultad de Ciencias, Departamento de Biología, Laboratorio de Investigación en Abejas–LABUN.Bogotá; 2005. p. 156.
Nogueira-Neto P. Vida e Criação de Abelhas Indígenas sem Ferrão. Editora Nogueirapis, São Paulo, Brasil; 1997. p. 447.
Olesen JM, Bascompte J, Dupont YL, Jordano P. The modularity of pollination networks. Proc Natl Acad Sci USA. 2007;104(50):19891–19896. Doi: 10.1073/pnas.0706375104
Ollerton J, Winfree R, Tarrant S. How many flowering plants are pollinated by animals? Oikos. 2011;120(3):321–326. Doi: 10.1111/j.1600-0706.2010.18644.x
Potts SG, Biesmeijer JC, Kremen C, Neumann P, Schweiger O, Kunin WE. Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. Trends Ecol Evol. 2010;25(6):345-353. Doi: 10.1016/j.tree.2010.01.007
Raudsepp-Hearne C, Peterson GD, Tengö M, Bennett EM, Holland T, Benessaiah K, *et al*. Untangling the Environmentalist's Paradox: Why Is Human Well-being Increasing as Ecosystem Services Degrade? BioScience 2010;60(8):576-589. Doi: http://dx.doi.org/10.1525/bio.2010.60.8.4
Ricketts TH, Daily GC, Ehrlich PR, Michener CD. Economic value of tropical forest to coffee production. Proc Natl Acad Sci USA. 2004;101(34):12579–12582. Doi: 10.1073/pnas.0405147101
Rosso-Londoño JM, Nates-Parra G. Meliponicultura: una actividad generadora de ingresos y servicios ambientales. LEISA. 2005. En línea: http://www.agriculturesnetwork.org/magazines/latin-america/3-animales-menores-un-gran-valor/meliponicultura-una-actividad-generadora-de. Consultado 25 de mayo de 2011.
Roubik DW. Pollination of cultivated plants in the tropics. Fao Agricultural Services Bulletin No. 118. Fao, Rome, Italy; 1995. p:1-6.
Steffan-Dewenter I, Westphal C. The interplay of pollinator diversity, pollination services and landscape change. J Appl Ecol. 2008;45(3):737–741. Doi: 10.1111/j.1365-2664.2008.01483.x
Tscharntke T, Klein AM, Kruess A, Steffan-Dewenter C. THIES. Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity—ecosystem service management. Ecol Lett. 2005; 8:857–874. Doi: 10.1111/j.1461-0248.2005.00782.x
Usda. Honey Bee Pests and Diseases Survey Project Plan for 2010. 2010. www.aphis.usda.gov/plant_health/plant_pest_info/honey_bees/ Consultado 12 de Junio de 2011.
Vásquez DP, Aizen MA. Asymmetric specialization: a pervasive feature of plant-pollinator interactions. Ecology. 2004; 85:1251–1257. Doi: http://dx.doi.org/10.1890/03-3112

Vásquez DP, Blüthgen N, Cagnolo L, Chacoff NP. Uniting pattern and process in plant-animal mutualistic networks: A review. Ann Bot. 2009a;103(9):1445–1457. Doi:10.1093/aob/mcp114

Vásquez DP, Chacoff N, Cagnolo L. Evaluating multiple determinants of the structure of mutualistic networks. Ecology. 2009b;90:2039–2046.

Winfree R, Aguilar R, Vásquez DP, Lebuhn G, Aizen MA. How do bees respond to anthropogenic disturbance? A meta-analysis. Ecology. 2009;90(8):2068-2076. Doi: http://dx.doi.org/10.1890/08-1837.1

Winfree R, Williams NM, Gaines H, Ascher JS, Kremen C. Wild bee pollinators provide the majority of crop visitation across land-use gradients in New Jersey and Pennsylvania, USA. J Appl Ecol. 2008;45(3):793–802. Doi: 10.1111/j.1365-2664.2007.01418.x

Winfree R, Williams NM, Dushoff J, Kremen C. Native bees provide insurance against ongoing honey bee losses. Ecol Lett. 2007;10(11):1105–1113. Doi: 10.1111/j.1461-0248.2007.01110.x

CAPÍTULO 3

POLINIZADORES Y POLINIZACIÓN COMO SERVICIO ECOSISTÉMICO EN LAS POLÍTICAS DE CONSERVACIÓN Y USO SOSTENIBLE DE LA BIODIVERSIDAD

Brigitte Baptiste[1] M. Sc., Rodrigo Moreno[2], Ricardo Claro[2] M. Sc.

[1] Directora general Instituto de Investigación de Recursos Biológicos "Alexander von Humboldt". Bogotá, Colombia. *brigittebaptiste@humboldt.org.co*

[2] Investigadores Instituto de Investigación de Recursos Biológicos "Alexander von Humboldt", Bogotá – Colombia.

> "¿Podemos vivir sin polinizadores? Quizás… Los reemplazaremos por nanorobots o seguiremos empleando mujeres de manos pequeñas y hábitos cuidadosos…"

Atendiendo los actuales desarrollos tecnológicos, algunas alternativas de ciencia ficción podrían ser una opción que no se encuentran lejos de la realidad. En China se utiliza polinización manual para cultivos de manzana, en el llano colombiano, para palma de aceite. La opción de polinización mecánica a partir de un polinizador robotizado se ha desarrollado en el laboratorio de microrrobótica de la Universidad de Harvard. Pero cualquier alternativa similar implica costos o externalidades no calculadas, que tendrán implicación en el bienestar humano por el alto valor que probablemente deberán asumir los consumidores para la adquisición de los productos obtenidos de estos procesos de polinización artificial, si acaso la población tiene cómo pagarlos o está dispuesta a hacerlo.

Otra es la mirada de la situación desde el bienestar natural o enfoque por ecosistemas: quizás esas alternativas de polinización manual o robotizada sean las peores. Por un lado los polinizadores hacen parte de redes tróficas en los ecosistemas y definitivamente no pueden ser remplazados por humanos o polímeros programados. Por otro lado, el servicio que proveen los polinizadores desempeña un papel fundamental al mantener la estructura y función de los ecosistemas, prestando el servicio requerido para la reproducción y por ende, la evolución de muchas plantas, las cuales además producen alimento en forma de frutas y semillas para la vida silvestre.

Es necesario considerar que la diversidad de polinizadores y sistemas de polinización son sorprendentes. La mayoría de las cerca de 20.000 especies de abejas (Hymenoptera: Apidae) son polinizadores eficaces, y junto con las polillas, moscas, avispas, coleópteros

y mariposas, polinizan la mayoría de las especies de plantas florales. Entre los polinizadores vertebrados se incluyen los murciélagos, los mamíferos que no vuelan (varias especies de monos, roedores, lémures, ardillas, olingos y cusumbos) y las aves (colibríes, pájaros sol y algunas especies de loros).

Sin polinizadores muchas de las plantas no podrían producir semillas ni reproducirse: sin plantas que provean polen, néctar y otras "recompensas", muchas poblaciones animales disminuirían con consecuencias para otras especies. De las 352.000 plantas con flores estimadas en el planeta, el 85% son polinizadas por animales (78% de las especies en zonas estacionales y 94% en zonas tropicales), destacándose el papel desempeñado por las abejas, de las cuales se obtiene al menos el 30% de los alimentos consumidos por humanos. Se calcula que sin los polinizadores perderíamos uno de cada tres bocados de comida que consumimos (Coro-Arizmendi, 2009). Por tanto, mantener la diversidad de plantas y polinizadores también significa mantener la diversidad de alimento de consumo humano, incluso la carne, puesto que forrajes como el trébol y otras leguminosas también requieren polinización para producir semillas (Dias-B *et al.*, 1999).

El aporte del servicio de polinización animal a la producción de cultivos agrícolas usados directamente para alimento humano se estima en 153 billones de euros a nivel global, lo cual representa alrededor del 9,5% del valor total de la producción de alimentos alrededor del mundo. Para suplir la demanda alimenticia futura, de acuerdo con el crecimiento estimado de la población, se requerirá para el 2050 un aumento del 70% en la producción de alimentos, que si se hace a costa de aumentar el número de hectáreas destinadas a la agricultura generará mayor escasez de hábitat silvestre apto para las poblaciones de polinizadores, incrementando la crisis. Durante los últimos 45 años se ha incrementado en más del 300% el área de cultivos para la producción de frutas o semillas que requieren polinización animal, pero aún no se entiende que la conservación de bosques en paisajes agropecuarios es parte del paquete productivo.

En los últimos años se ha documentado un acelerado declive del servicio de polinización silvestre, gratuito y espontáneo, con el riesgo de alcanzar una crisis de polinización a nivel global. Científicos, políticos y el público en general han mostrado su preocupación al respecto (Aizen y Harder 2009) e incluso instancias globales como el Ipbes (Intergovernmental Platform on Biodiversity and Ecosystem Services) ha lanzado una evaluación urgente al respecto, que deberá entregar resultados en febrero de 2016. Los factores conductores que amenazan a los polinizadores y el servicio ecosistémico que prestan, atañen principalmente a la abeja europea *Apis mellifera* distribuida hoy en todos los continentes excepto la Antártida, y a los abejorros del género *Bombus,* que han sido introducidos en más de 11 países en Sur y Norte América, Australasia y Asia (Stout y Morales, 2009). Esos factores incluyen la pérdida y fragmentación de hábitat naturales, como se mencionó antes, los disturbios causados por el incremento en el uso de pesticidas y herbicidas, predominio de monocultivos que sacrifican diversidad floral, la propagación de patógenos, virus y parásitos por prácticas productivas y comerciales, la introducción de polinizadores y plantas no nativos que generan competencia desfavorable, y finalmente, el cambio climático (Lautenbach *et al.*, 2012).

Obviamente, ningún factor por sí solo es responsable del descenso general en la población mundial de polinizadores o del empeoramiento de su salud.: no hay duda de que este declive es el producto de la sinergia negativa de varios factores, algunos conocidos y otros no. La complejidad social y biológica de los sistemas de producción hace imposible un solo diagnóstico y tratamiento de la amenaza (Tirado *et al*., 2013).

La polinización, entonces, no es solamente un servicio ecosistémico sino también un insumo esencial en la producción agrícola al lado de otros más convencionales como los fertilizantes y el agua. Si no lo garantizamos, lo más seguro es que observaremos cada vez con mayor frecuencia efectos directos e indirectos en la agricultura y la producción de alimentos (Lautenbach *et al*., 2012). Las eventuales "*alternativas tecnológicas*" son inviables, pues las plantas requieren interactuar con la variabilidad genética de los polinizadores (coevolución, se llama este proceso vital), cosa que de no lograrse deriva en endogamia y pérdida de la salud de las poblaciones cultivadas.

Si los polinizadores siguen disminuyendo drásticamente, como a la fecha se ha evidenciado, perderemos una proporción sustancial de la flora mundial (Ollerton *et al*., 2011), lo cual hace urgente y prioritario que se definan e implementen alternativas viables para la gestión de los polinizadores y del servicio ecosistémico de polinización. Esta noción de gestión (PNGIBSE, 2012) se debe traducir en acciones de conservación y manejo dentro de las políticas e instrumentos políticos sectoriales, es decir, más en los agropecuarios y forestales que en las abstracciones del comando y control ambiental.

En el ámbito internacional, a partir del reconocimiento de la importancia estratégica de polinizadores y polinización y de las evidencias globales sobre su disminución y declive con las consecuentes repercusiones sobre el bienestar de la humanidad, se han venido adelantando diferentes iniciativas que permiten derivar en normas de gran escala. Se destacan entre éstas la Iniciativa Internacional para la Conservación y Utilización Sostenible de los Polinizadores (Ipi), la Iniciativa Africana de Polinizadores (Api), la Campaña Norte Americana de Protección a Polinizadores (NAPPC), la Iniciativa Europea de Polinizadores (EPI), la Iniciativa Brasilera de Polinizadores (BPI), la Iniciativa Oceánica de Polinizadores (Opi), la Iniciativa de Polinización Canadiense (NSERC- Canpolin) y la Iniciativa de Insectos Polinizadores del Reino Unido (UK Ipi).

La Iniciativa Internacional para la Conservación y Utilización Sostenible de los Polinizadores (Ipi, por sus siglas en inglés), una de las principales, fue establecida en 2000 en la quinta Conferencia de las Partes del Convenio sobre la diversidad biológica (CoP5 Decisión V/5), como una iniciativa transversal que se desarrolla en el contexto del Programa de Trabajo en Biodiversidad Agrícola e interactua con otros programas temáticos de trabajo, particularmente los de diversidad biológica forestal, biodiversidad de tierras áridas y subhúmedas, y en especial relevancia con la iniciativa mundial sobre taxonomía y el trabajo en especies exóticas invasivas.

La Ipi se estableció para promover coordinadamente acciones mundiales para: (a) monitorear la disminución de polinizadores, sus causas y sus impactos en los servicios de polinización, (b) direccionar la falta de información taxonómica de polinizadores, (c) evaluar el valor económico de la polinización y el impacto de la disminución de los servicios de polinización; (d) promover la conservación, la restauración y el uso de la diversidad de polinizadores en la agricultura y ecosistemas relacionados. Es de destacar que la Ipi contempla, como uno de sus elementos básicos, prestar apoyo a las partes en la elaboración de planes o estrategias nacionales para la conservación y utilización sostenible de la diversidad de polinizadores, así como para fomentar su incorporación e integración en planes y programas sectoriales e intersectoriales. En el 2008 en la novena reunión de las partes del convenio sobre la diversidad biológica (CoP9), la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (Fao) preparó el documento *Rapid Assessment of Pollinators' Status* como una contribución a la implementación de la Ipi. En el 2012 la misma Fao para la CoP11 reportó nuevamente el progreso de la implementación de la Ipi, del cual se han extraído numerosas cifras y ejemplos en este mismo texto.

Así mismo es de destacar la reciente decisión de la Comisión Europea de prohibir en países miembros de la comunidad, el uso de tres insecticidas neonicotinoides (clotianidina, tiametoxam e imidacloprid), frecuentes en la siembra del girasol, la colza, el algodón y el maíz, una vez que se evidenció que la exposición crónica de abejas a esos pesticidas en concentraciones aproximadas a nivel de campo, impide su comportamiento forrajero natural e incrementa la mortalidad de obreras, conduciendo a una reducción significativa en el desarrollo de cría y éxito de la colonia (Henry *et al*., 2012).

En el contexto del escenario nacional y bajo un análisis de los instrumentos políticos, normativos y administrativos existentes en el país para la conservación y uso sostenible de la biodiversidad, se encuentra que en ninguno de ellos se establece o vislumbra la gestión de polinizadores y del servicio ecosistémico de la polinización. El mismo Código Nacional de los Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente (Decreto Ley 2811 de 1974) y sus decretos reglamentarios, la Política Nacional de Biodiversidad de 1995, o la Política para la Gestión Ambiental de la Fauna Silvestre en Colombia, no contemplan la inclusión de estas especificidades para el manejo de la fauna, y menos aún el enfoque del manejo integral de los servicios ecosistémicos.

No obstante, considerando que Colombia ratificó mediante la Ley 165 de 1994 el Convenio de Diversidad Biológica, el país debe dar cumplimiento a los mandatos y compromisos derivados de este acuerdo internacional, a efecto de lo cual y refiriéndonos al tema de polinizadores y servicio de polinización, es necesario el diseño e implementación de una estrategia y plan nacional para su conservación y uso sostenible. Para ello, una importante oportunidad se encuentra en la implementación de la recientemente expedida "Política Nacional para la Gestión Integral de las Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos" (PNGIBSE), la cual "reconoce el carácter estratégico de la biodiversidad como fuente principal, base y garantía del suministro de servicios ecosistémicos, indispensables para el desarrollo del país, como base de competitividad y como parte fundamental del bienestar de la sociedad colombiana".

La PNGIBSE establece seis ejes estratégicos que brindan un escenario propicio para incorporar el manejo y conservación del servicio de la polinización en instrumentos ambientales de gestión (políticas, normas, planes, programas y proyectos), específicamente aquellos que hacen referencia a la necesidad de adelantar acciones de conservación *in situ* y *ex situ*, tanto en áreas silvestres (protegidas o no) como en paisajes transformados, de manera que se mantengan poblaciones viables de flora y fauna, se logre mayor resiliencia de los sistemas socioecológicos y se sustente el suministro de servicios ecosistémicos a escalas nacional, regional, local y transfronteriza, permitiendo también incorporar la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos desde la participación y la corresponsabilidad en las acciones de conservación. Todo esto conllevará a que el mantenimiento de la biodiversidad en contextos socio-ecosistémicos explícitos sea asumido y percibido socialmente como un beneficio irremplazable que mantiene y mejora la calidad de vida a escalas nacional, regional y local.

De otra parte, un escenario también propicio para la incorporación efectiva de la gestión sostenible de los polinizadores y del servicio de polinización, se encuentra en la formulación de los Planes Nacionales de Desarrollo, teniendo en cuenta que en estos últimos (y esperando que así sea el próximo PND 2014 - 2018), se admitió el imperativo de conservar la biodiversidad y la prestación de los servicios ecosistémicos, en pro de asegurar el crecimiento y la competitividad nacional principalmente del sector agropecuario, lo cual genera un importante espacio para que se posicione el manejo y conservación del servicio de la polinización. Todo eso teniendo en cuenta los beneficios que para el sector representan en cuanto a disponibilidad, calidad y variedad de alimentos y productos de consumo humano. De tal manera que la mejor forma para la inserción de los polinizadores en políticas sectoriales, es la participación activa en cualquier tipo de escenario y actividad que desde los ministerios y sus entidades adscritas se generen como parte de los compromisos que adquieren para dar cumplimiento al Plan Nacional de Desarrollo.

REFERENCIAS

Aizen MA, Harder LD. The global stock of domesticated honeybees is growing slower than agricultural demand for pollination. Curr Biol. 2009; 19(11): 915-918. DOI: 10.1016/j.cub.2009.03.071.

Coro-Arizmendi M. La crisis de los polinizadores. Biodiversitas. 2009; 85:1-5.

Dias-B SF, Raw A, Imperatriz–Fonseca VL. International pollinators initiative: The São Paulo declaration on pollinators. Report on the recommendations of the workshop on the Conservation and Sustainable Use of Pollinators in Agriculture with Emphasis on Bee. Brazilian Ministry of the Environment. 1999. Brasilia. 79 pp.

PNGIBSE, Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible. Política Nacional para la Gestión Integral de las Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos Bogotá. 2012. 124 pp. http://www.portalces.org/sites/default/files/migrated/docs/PNGIBSE_espanol.pdf

Henry M, Béguin M, Requier F, Rollin O, Odoux JF, Aupinel P, Aptel J, Tchamitchian S, Decourtye A. A Common Pesticide Decreases Foraging Success and Survival in Honey Bees. Science 2012; 336 6079): 348-350. DOI: 10.1126/science.1215039

Lautenbach S, Seppelt R, Liebscher J, Dormann CF. Spatial and temporal trends of global pollination benefit. PLoSONE. 2012; 7(4): e35954. DOI: 10.1371/journal.pone.0035954

Ollerton J, Winfree R, Tarrant S. How many flowering plants are pollinated by animals? Oikos. 2011; 120(3): 321–326. DOI: 10.1111/j.1600-0706.2010.18644.x

Stout JC, Morales CL. Ecological impacts of invasive alien species on bees. Apidologie. 2009; 40(3): 388-409. Doi:10.1051/apido/2009023

Tirado R, Simon G, Johnston P. El declive de las abejas: Peligros para los polinizadores y la agricultura de Europa. Unidad Científica de Greenpeace, Universidad de Exeter, Reino Unido. 2013. 46 p.

CAPÍTULO 4

INICIATIVAS INTERNACIONALES DE POLINIZADORES

Guiomar Nates Parra M. Sc.
Profesora titular, Departamento de Biología, Laboratorio de Investigaciones en Abejas, Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá. *mgnatesp@unal.edu.co*

El uso de las abejas en la polinización de cultivos de importancia económica y en el mantenimiento de la biodiversidad de las áreas naturales fue uno de los temas discutidos en la Convención de la Diversidad Biológica (CDB) desde 1995.

Uno de los compromisos de los representantes de todos los continentes que asistieron a la reunión de Rio de Janeiro (1992) fue el de mantener la diversidad de la vida. La agenda 21 se adoptó durante la Cumbre de la Tierra (también llamada Rio 92), promovida por Unicef, como un plan de acción global para el siglo XXI, con el fin de preservar y dar buen uso de los recursos naturales. En esta reunión se generó la Convención de la Diversidad Biológica (CDB), implantada a partir de 1993.

Los países firmantes de la CDB se reúnen anualmente en lo que se conoce como la Conferencia de las Partes (Cop), que es el cuerpo decisorio de la CDB; durante esos encuentros se analizan asuntos relacionados con la Agenda 21, los cuales son previamente discutidos por un comité técnico subsidiario (SBSTTA).

En 1995, la COP2 introdujo la biodiversidad agrícola como un tema a tratar en la CDB. La polinización y la conservación de suelos fueron temas considerados muy importantes para el mantenimiento de la diversidad agrícola. Posteriormente, por sugerencia del gobierno brasilero, en la COP3 se dio prioridad al estudio de los polinizadores de importancia agrícola (decisión III/11).

En 1998 el Ministerio del Medio Ambiente de Brasil y el Instituto de Biociencias de la Universidad de São Paulo organizaron una reunión a la que asistieron representantes de 15 países y 5 organizaciones internacionales, para discutir sobre conservación y uso sostenible de los polinizadores, con énfasis en abejas. Surgió entonces un documento llamado la Declaración de São Paulo sobre polinizadores (Dias *et al.*, 1999), en donde se presentaron las iniciativas originadas en reuniones anteriores y se propuso un plan de acción.

La declaración de São Paulo sobre polinizadores fue presentada ante la Convención sobre Diversidad Biológica (CDB) en Montreal en el 2000 y ratificada ese mismo año en Nairobi por la Quinta Conferencia de las Partes (COP5). Fue precursora de la Iniciativa Internacional para la Conservación y uso sostenible de los Polinizadores (Ipi) establecida por la COP5 en Nairobi en el marco de la Diversidad Agrícola.

El propósito de la Ipi es promover acciones mundiales coordinadas para:

1. Monitorear la disminución de polinizadores, sus causas y su impacto en los servicios de polinización.
2. Tratar la falta de información taxonómica sobre polinizadores
3. Medir el valor económico de la polinización y el impacto económico de la disminución de los servicios de polinización.
4. Promover la conservación, restauración y uso sostenible de la diversidad de polinizadores en la agricultura y ecosistemas relacionados.

En 2002, con la Fao como facilitadora, durante la VI reunión de la CDB en Holanda, se definió el plan de acción para el desarrollo de la Ipi en todo el mundo. Se formuló el proyecto Conservación y Manejo de Polinizadores para Agricultura Sostenible, a través de una aproximación ecológica, el cual incluía acciones en Brasil, África y el sudeste Asiático. Se presentó al Gef (Global Environmental Facility), que es el mecanismo financiero del CDB y se aprobó en 2007.

Durante esa misma época en Norte América la NAPPC (North American Pollinators Protection Campaign) y en Europa la EPI (European Pollinators Initiative) iniciaron sus proyectos de acción a 10 años. La Unión Europea dio su apoyo al proyecto ALARM (Assessing Large scale Risks for biodiversity with tested Methods) enfocado en la medición de la biodiversidad y los riesgos económicos asociados a su pérdida, utilizando herramientas y protocolos estandarizados.

En Brasil se realizaron diversas reuniones tanto en el ámbito gubernamental como en el académico, en el transcurso de las cuales se dio forma a la Iniciativa Brasilera de Polinizadores (IBP), presentada oficialmente en 2002, durante el XIV Congreso Brasilero de Apicultura y el V Encuentro sobre abejas de Ribeirão Preto.

Se inicia entonces una serie de actividades tendientes a promover la IBP y a motivar a los investigadores brasileros para trabajar e investigar no solo sobre el conocimiento de la relación planta-abeja, sino también en la recopilación y sistematización de toda la información dispersa en laboratorios, bibliotecas y colecciones científicas (Imperatriz-Fonseca *et al.*, 2007).

Igualmente se realizan reuniones conjuntas de las diferentes iniciativas de donde surgen publicaciones importantes, no solamente para la comunidad científica sino también para quienes toman las decisiones a nivel mundial, como por ejemplo: Freitas y Pereira (2004); Alves dos Santos (2005); Eardley *et al.,* (2006); Imperatriz-Fonseca *et al.,* (2006).

Tan importante como el conocimiento de los polinizadores es la digitalización de los registros disponibles en las colecciones de abejas y otros polinizadores, además de la evaluación del estado de las colecciones (Alves dos Santos, 2005). Desde mediados de los 90 se inició la publicación en línea de la información sobre los polinizadores nativos del Brasil, a través de la página web del laboratorio de abejas de la Universidad de São Paulo (http://www.webbee.org.br/bpi/ibp_english.htm) con información sobre muchas especies de abejas sin aguijón (Meliponini) y sobre varias actividades de la Iniciativa Brasilera de Polinizadores. La experiencia obtenida por los investigadores brasileros en el desarrollo de este sistema (Saraiva *et al.*, 2003), sirvió para ayudar a desarrollar la Red temática de polinizadores de la Iabin (Inter American Biodiversity Information Network) (http://pollinators.iabin.net/). Este proyecto permite introducir y recuperar información sobre listas de polinizadores, expertos, especímenes, relaciones planta-polinizador y literatura, para todos los países americanos. Este sistema tiene vínculos con otras redes globales como GBIF (Global Biodiversity Information Facility). A raíz de la participación de investigadores brasileros en el programa GBIF, se inició el proceso de digitalización de varias colecciones de abejas y otros polinizadores. En el 2002 se llevó a cabo el Workshop World Bee Checklist (http://www.cria.org.br/eventos/tdbi/wbcw) y se estableció una metodología para unir todas las listas de abejas; posterior a este evento se hizo posible la digitalización del Catálogo de la colección del Padre J.J. Moure, constituido por fichas, con más de 11.000 nombres y notas sobre las abejas tropicales. El catálogo de las abejas neotropicales (Moure *et al.,* 2007) (http://moure.cria.org.br/catalogue) proporciona bastante información sobre las abejas tropicales, pero especialmente sobre los meliponinos con una exhaustiva revisión de la literatura hasta el 2005 (Camargo y Pedro, 2012) así como lista de los ejemplares reexaminados.

En 2003 Packer presentó el programa BeeBOL en Toronto (Canadá), una campaña cuyo objetivo es obtener el código de barras de ADN (DNA barcoding) de todas las abejas del planeta. Este es un trabajo que se está desarrollando en la Universidad de York (Canadá) con el objetivo de contribuir a resolver los problemas taxonómicos encontrados en abejas. Esta iniciativa hace parte del Consorcio del código de barras de la vida (CBOL).

Dentro de las actividades realizadas en el marco de la Ipi se destaca la implementación de los cursos internacionales sobre polinización. El primero de ellos se realizó en México (1990) bajo el auspicio de la Universidad de Guelph y la Universidad Autónoma de México (Unam); el segundo (2001) fue ofrecido por la Universidad Nacional de Heredia y la Universidad de San Luis, Misouri, en Costa Rica. A partir del 2003 los cursos se han venido desarrollando en distintas localidades del Brasil. En el 2014 se realizó la versión XI de este curso.

Para el 2009 en la COP9 reunida en Bonn (Alemania) se presenta el estado actual del trabajo de las iniciativas de polinizadores ya establecidas. A pesar de que se evidencia un incremento en el número de investigaciones y actividades dirigidas al mantenimiento de los servicios de polinización, todavía falta mucho para conservar la diversidad biológica en todo el mundo (Ssymank *et al.,* 2009). Para ese mismo año, Apidologie lanza

un volumen [40(3)] especial dedicado a la conservación de las abejas en el cual varios expertos presentan el conocimiento más actualizado sobre su conservación y los factores que determinan su abundancia y biodiversidad en varias regiones geográficas y en varios grupos de abejas, con el objetivo de identificar tendencias y vacíos en el conocimiento (Paxton *et al*., 2009). Entre estos artículos se destaca la revisión hecha por Freitas *et al*., (2009) sobre el estado de conservación de las abejas nativas del neotrópico.

En mayo de 2010, en Nairobi la Fao presenta un informe más actualizado acerca del progreso de la Iniciativa Internacional donde se muestran los avances en taxonomía de polinizadores (herramientas para su identificación, interacciones y divulgación científica), establecimiento de protocolos para monitorear su disminución e identificar las causas, evaluación de la producción agrícola y la consecuencia de la disminución de los polinizadores; presenta, además, resumen sobre buenas prácticas de polinización en diferentes regiones del mundo. Actualmente se desarrolla un proyecto en el que están involucrados varios países de Latino América, África y Asia con el objetivo de evaluar prácticas que puedan prevenir la pérdida de servicios de polinización prestados por polinizadores nativos. http://www.internationalpollinatorsinitiative,org/jsp/globalpollproject.jsp

Otro trabajo importante por cuanto contribuye a facilitar la determinación de las abejas fue desarrollado por Packer y Ratti (2009) con la colaboración de la Fao y el laboratorio Packer de la Universidad de York (Canadá); esos autores crearon una página web (http://www.yorku.ca/bugsrus/BFoW/Images/Introduction/Introduction.html) completamente ilustrada, que permite identificar abejas de cualquier parte del mundo, a nivel de familia.

En el marco de la Ipi se han generado diferentes iniciativas en distintas partes del mundo.

INICIATIVA BRASILERA DE LOS POLINIZADORES (BPI)

Se estableció en el 2000 gracias a los esfuerzos del Ministerio del Ambiente de Brasil, la Universidad de São Paulo y la Corporación Brasilera de Investigaciones Agrícolas. Sus objetivos principales están enmarcados dentro de los postulados de la Iniciativa Internacional para la conservación y uso sostenible de los polinizadores (Ipi). La BPI ha participado en muchas actividades como la preparación de propuestas financieras, organización de simposios y talleres nacionales e internacionales, publicación de varios libros (Brazilian Bees, Systematics and Identification- Silveira *et al.,* 2002; Pollinating Bees: the Conservation link between Agriculture and Nature- Kevan e Imperatriz-Fonseca, 2002; Bees as pollinators in Brazil: assessing the status and suggesting best practices-Imperatriz-Fonseca *et al.,* 2006; Polinizadores no Brasil - Imperatriz-Fonseca *et al*, 2012). Se organizó un taller sobre la importancia de las abejas solitarias en polinización, del cual resultó un excelente libro que está en línea (Freitas y Pereira, 2004).

Las abejas sin aguijón también son un tema importante dentro de la BPI. Una reunión conjunta de las iniciativas de polinizadores, realizada en África del Sur en 2002 (Mabula Workshop) generó un libro de prácticas y políticas sobre polinizadores y polinización (Eardley *et al.*, 2006), dirigido a quienes toman las decisiones. La declaración de São Paulo sobre polinizadores, propuesta en 2003, sirvió de base para la formulación del Plan de acción de la Iniciativa Internacional, preparado por la Fao y la secretaría del Convenio de Diversidad Biológica. En ese país han surgido iniciativas de polinizadores locales como Repol, una red para estudio de los polinizadores inicialmente propuesta por el estado de Bahía y ahora con la participación del estado de Pernambuco. Repol ha organizado varias actividades, entre ellas la semana de los polinizadores y el establecimiento de una Ruta de Polinizadores en el parque Nacional de Mucugé, ofrecida a turistas y observadores de las abejas.

A raíz del proyecto "Conservação e Manejo de Polinizadores para Agricultura Sustentável através de uma Abordagem Ecossistêmica", promovido por la Fao, avalado por el Gef y en el que participó Brasil (con el apoyo Ministerio del Ambiente de Brasil) se creó en el 2009 el proyecto Polinizadores do Brasil Mma-Fao-Gef (http://www.polinizadoresdobrasil.org.br/). Este proyecto busca uniformizar las metodologías de muestreo en las áreas de monitoreo de la biodiversidad de polinizadores, para posteriores comparaciones y generar una red de taxonomía de polinizadores y otra de información tecnológica de manera que se establezca un banco de datos de polinizadores y un intercambio de información dentro y fuera del país. Simultáneamente se han organizado redes de investigación sobre diferentes cultivos de interés en Brasil como algodón, castaña de caju, castaña del Pará, canola, melón, tomate, así como una red de investigación para el uso y conservación de los frutales (Polinfrut). En 2010 se realizó una primera reunión en Brasilia donde se presentaron las propuestas de protocolos y metodologías a ser tomados como patrones.

En el 2003 se llevó a cabo en Brasil (Chapada Diamantina, Bahía) el primer curso Internacional sobre Biología y ecología de los polinizadores, con énfasis en Agricultura. Los cursos se ofrecen a estudiantes y profesionales de postgrado en Biología y áreas afines con el fin de formar profesionales de nivel superior en temas de conservación y manejo de polinizadores. Hasta ahora se han realizado 10 cursos en los cuáles han participado más de 200 estudiantes y profesionales nacionales y extranjeros. La última versión del curso se ofreció en diciembre de 2013 en el estado de Bahía (Brasil).

Dentro de las publicaciones más recientes de los investigadores brasileros se publicó el libro Polinizadores no Brasil (Imperatriz-Fonseca *et al*, 2012); el cual representa el esfuerzo de 36 instituciones científicas trabajando en torno al conocimiento de polinizadores, especialmente abejas, y el efecto de las acciones antrópicas sobre su conservación y uso. La publicación fue promovida por el Instituto de Estudios avanzados de la Universidad de Sao Paulo, con el objetivo de conocer la situación de los polinizadores en Brasil, su impacto en la agricultura, la biodiversidad y los agronegocios. Otro libro de gran importancia es Polinizadores y pesticidas (Freitas y Pinheiro, 2012), en el cual se expone la problemática del manejo de los agroecosistemas, el uso de químicos para contrarrestar diversas plagas y enfermedades y sus efectos sobre los polinizadores.

INICIATIVA HINDU KUSH-HIMALAYA (DE ICIMOD).

Icimod (International Centre for Integrated Mountain Development) inició sus programas de polinizadores/polinización en 1991, dirigidos a la investigación aplicada y desarrollos relacionados con polinizadores y polinización. El objetivo principal de Icimod es mejorar la calidad de vida de la población de las montañas fomentando la productividad agrícola y la conservación de la biodiversidad a través de la conservación de los polinizadores nativos, para asegurar la polinización sostenible de cultivos y otras especies de plantas nativas de la región de Los Himalayas del Hindu Kush. En esta región más del 90 por ciento de la población de las montañas vive primordialmente de la pequeña agricultura de subsistencia y los recursos naturales. Las abejas melíferas autóctonas contribuyen significativamente a los medios de subsistencia de la población de las montañas, sin embargo, está demostrado que las especies silvestres de abejas melíferas están disminuyendo debido al exceso de explotación, a la pérdida de posibilidades de alimentarse y de hábitats para reproducirse, así como a la introducción de parásitos a través de la importación de especies foráneas de abejas. El Centro Internacional para la Ordenación Integrada de las Montañas (Icimod) llevó a cabo en Bhután, China, India, Nepal y Pakistán un proyecto sobre abejas melíferas autóctonas de los Himalayas. Con un enfoque participativo para conservar la biodiversidad e incrementar la productividad agrícola, el proyecto demostró la función crucial de las abejas autóctonas en los medios de subsistencia sostenibles de la población de las montañas a través de la producción de miel y cera y lo más importante, la polinización de los cultivos. La apicultura de *Apis cerana*, única especie de abeja autóctona, utilizada en la polinización y para obtener sus productos, ofrece posibilidades reales de generar medios de subsistencia sostenibles, manteniendo a la vez la biodiversidad y ofreciendo incentivos para la conservación de los hábitats (http://bees4livelihood.icimod.org).

INICIATIVA AFRICANA DE LOS POLINIZADORES (API)

La Api está constituida por un amplio grupo de personas e instituciones cuya misión es promover la polinización como un servicio ecosistémico esencial para el desarrollo sostenible y la conservación de la diversidad biológica en África. Fue fundada en 1999 durante el primer simposio de la Sociedad Sur-Africana de Sistemática Biológica con dos propósitos principales: 1. Facilitar la participación de los países africanos en el proyecto global de la Iniciativa Internacional de Polinizadores (Conservation and Management of Pollinators for Sustainable Agriculture, Through an Ecosystem Approach, Ipi/Gef) y 2. Mejorar la conservación de la biodiversidad de polinizadores y la polinización de cultivos y plantas silvestres mediante la creación de redes de colaboración.

En 2002 la Api realizó un primer encuentro en Nairobi (Kenia) donde un grupo de biólogos, extensionistas, educadores y conservacionistas propusieron la Declaración de Kasarani, la cual establece la misión de la Api, identifica los componentes de un plan de acción y elige un comité directivo. En 2003 se publica el Plan de Acción de la Api el

cual incluye cuatro componentes principales: conciencia y educación pública; ubicación de la polinización dentro de las políticas públicas y planes de gobierno; conservación y restauración; y construcción de capacidades. Entre los logros de la Api está la publicación de un libro sobre Taxonomía de abejas (Eardley *et al.,* 2010) y un catálogo sobre las abejas afrotropicales (Eardley y Urban, 2010); junto con la Iniciativa Norteamericana, la publicación de un manual sobre prácticas y políticas para la conservación de polinizadores, la realización de reuniones nacionales e internacionales; el apoyo para formulación y ejecución de proyectos específicos como Conservación y Manejo sostenible de abejas sin aguijón en comunidades del Parque Nacional Kakum en Ghana, capacitación de estudiantes de pre y postgrado, realización de cursos de taxonomía de abejas para agricultores, extensionistas, técnicos, estudiantes e investigadores. El primer objetivo de la Api se ha cumplido con la participación de Ghana, Kenia y Sudáfrica en el proyecto de la Ipi. El segundo objetivo está en desarrollo.

CAMPAÑA NORTEAMERICANA PARA PROTECCIÓN DE LOS POLINIZADORES (NAPPC).

La campaña está constituida por un grupo de colaboradores de más de 120 organizaciones e individuos que promueven e implementan un plan de acción continental para fomentar actividades dirigidas a la protección de los polinizadores animales. La NAPPC tienen como objetivos aumentar la conciencia y educación pública y promover diálogos constructivos acerca de la importancia de los polinizadores en agricultura, salud de los ecosistemas y suministro de alimentos; fomentar la colaboración entre los participantes y con las autoridades gubernamentales y fortalecer las redes de organizaciones asociadas trabajando a favor de los polinizadores; promover la conservación, protección y restauración del hábitat de los polinizadores; documentar y apoyar las investigaciones científicas, económicas y políticas y la creación del primer banco de datos internacional de información sobre polinizadores (www.nappc.org). Dentro de las muchas actividades y publicaciones la NAPPC creó un Comité sobre el estado de los polinizadores en Norteamérica del cual se generó la publicación *Status of Pollinators in North America* (National Research Council, 2007). En este libro se presenta evidencia de la disminución de algunas especies de polinizadores, incluyendo la especie más manejada, *A. mellifera,* así como algunas mariposas, murciélagos y colibríes. El libro esboza las prioridades de investigación y monitoreo necesarias para incrementar la información sobre el estado de los polinizadores y proporciona un marco para la conservación y restauración de las especies de polinizadores y comunidades. A raíz del surgimiento del síndrome del desaparecimiento de *A. mellifera* (CCD, Colony Collapse Disorder) (Van-Engelsdorp y MeixNer, 2010; Ratnieks y Carreck, 2010) y de la necesidad de conservar los polinizadores para la agricultura en los Estados Unidos, se llevó a cabo la reorganización de la investigación y la financiación gubernamental para la restauración agrícola del país. Así el gobierno norteamericano generó un aumento en los recursos económicos destinados a investigación y educación en varios niveles (Imperatriz-Fonseca *et al.,* 2012). La NAPPC ha trabajado conjuntamente con la Secretaria de Agricultura Usda y el Senado de los

EEUU para crear la semana de los polinizadores tanto a nivel estatal como federal. Se han organizado nueve reuniones internacionales para coordinar y promover el interés de las organizaciones asociadas en tres países (Canadá, México y Estados Unidos). Los polinizadores ya hacen parte de la agenda de muchos estados de los EUA y muchos recursos humanos y financieros se han destinado para ellos, además de políticas públicas.

INICIATIVA EUROPEA DE LOS POLINIZADORES (EPI).

Nació en 2004 y su misión es proteger y mejorar el estado de la biodiversidad y evaluar el valor económico de los polinizadores a través de Europa. Su objetivo principal es reunir a todos los interesados para que se enfoquen en una serie de actividades que ayuden a conservar y manejar los polinizadores y a incrementar los servicios que prestan. El plan de acción desarrollado por la EPI se enmarca dentro de las propuestas de la Ipi. Inicialmente se crearon dos programas complementarios: ALARM (Assessing of Large-scale environmental Risks with tested Methods) con el objetivo de evaluar la pérdida de polinizadores en Europa. SUPER (Sustainable Use of Pollinators as a European Resource) complementario y sucesivo del anterior, se enfoca en el manejo sostenible de los polinizadores. Recientemente se creó un nuevo programa, STEP (Status and Trends of European Pollinators) con el fin de hacer frente a las causas de pérdida de polinizadores e identificar opciones de mitigación y adaptación para revertir la disminución y mejorar la gestión de los servicios de polinización en el continente europeo. El programa se proyecta a 5 años y reúne investigadores de 24 organizaciones pertenecientes a 21 países; uno de los primeros objetivos es elaborar el primer Libro Rojo para los grupos más importantes de polinizadores, especialmente las abejas y desarrollar esquemas para futuros programas de monitoreo. En la página www.STEP-project.net es posible encontrar más información sobre este programa.

Algunos países europeos han comenzado sus propias iniciativas. Por ejemplo en el Reino Unido el gobierno y la empresa privada están financiando la Iniciativa de Insectos Polinizadores, la cual consta de nueve proyectos que buscan conocer y mitigar los factores que afectan negativamente a los polinizadores en áreas urbanas, agrícolas y naturales (www.bbsrc.ac.uk/pollinators).

En el 2010 Francia inició un programa muy interesante sobre la protección de las abejas silvestres en áreas urbanas y peri-urbanas. El programa denominado Urban Bees (2010-2014), está promoviendo el conocimiento de las abejas silvestres de Francia, así como sus relaciones con la flora local y con el hábitat urbano. Con la construcción de instalaciones especiales que ofrecen sitios de nidificación para las abejas se están generando espacios para la investigación y educación de diferentes públicos. A través de eventos en diferentes localidades se ha logrado concientizar a mucha gente sobre la importancia de mantener la biodiversidad de abejas silvestres. En el enlace www.urbanbees.eu se encuentra más información al respecto.

INICIATIVA DE POLINIZADORES DE OCEANÍA (OPI). http://www.oceaniapollinator.org/.

En agosto del 2006 un grupo de ecólogos de la polinización de Australia y Nueva Zelanda, se reunieron para discutir sobre la posibilidad de implementar un capítulo local de la Ipi. En marzo del 2007, parte de este grupo se reunió en Roma con representantes de la Ipi y la Fao. La idea de la conformación de una Iniciativa de Polinizadores regional fue muy bien acogida y a partir de ese momento quedó conformada la Opi con el objetivo de conocer más acerca de los insectos polinizadores en Australia, Nueva Guinea e Islas Oceánicas, específicamente en cuanto a su distribución, ecología y taxonomía, el papel del servicio ecosistémico de los polinizadores nativos o introducidos y el valor económico de servicio de la polinización por polinizadores silvestres. Sus funciones principales son monitorear el declive de los polinizadores, sus causas e impacto en los servicios de polinización, dirigir la falta de información taxonómica de los polinizadores, evaluar el valor económico de la polinización y el impacto económico de cualquier decline y promover la conservación, restauración y el uso sustentable de polinizadores en agricultura y ecosistemas. Dentro de las actividades que se han realizado está la presentación de conferencias en eventos nacionales y la organización de un simposio sobre interacciones de polinización. Además, en 2008 se organizó un Sistema Integrado de Información para la Opi con el objetivo de crear una red en la que todos los implicados e interesados en la iniciativa puedan hacer sus aportes y se tenga información unificada y al alcance de todos (Newstrom-Lloyd *et al.*, 2009). En ese año también se hizo un monitoreo de Polinizadores nativos y exóticos en Nueva Zelanda y un seguimiento de algunos "mutualismos invasivos". Se presentaron resultados de metodologías indirectas de monitoreo cuando obtener datos de visitas es difícil (Gross *et al.*, 2008). Las funciones de la Opi también están en concordancia con los lineamientos de la Iniciativa Internacional. http://pollinators.nbii.gov/portal/community/Communities/Ecological_Topics/Pollinators/Conservation/Initiatives_and_Organizations/International_Pollinators_Initiative/http://www.oceaniapollinator.org/documents/opi_overview_rome.pdf

INICIATIVA CANADIENSE DE POLINIZADORES (CANPOLIN).

Se originó en 2007, en una reunión conjunta con la Campaña Norteamericana para protección de los polinizadores (NAPPC) en Ontario. En esta reunión participaron miembros del gobierno, organizaciones de agricultores y apicultores, organizaciones de jardinería, productores de frutas y semillas, la academia, investigadores, ONGs. En 2008, en una segunda reunión se discutieron cinco temas principales sobre polinizadores: el uso de separadores en avenidas como hábitat, el papel de las zonas industriales como hábitat para polinizadores, la importancia de las zonas verdes de las áreas urbanas para su conservación, el estado actual de las investigaciones sobre conservación y la viabilidad de un futuro parque de polinizadores en Guelph. Actualmente hay investigadores de 26 universidades de todo el país trabajando conjuntamente con agencias gubernamentales, ONGs e industrias para proporcionar una

visión crítica y soluciones sostenibles al problema de la polinización en Canadá. En 2009 se creó la red NSERC-Canpolin (Natural Sciences and Engineering Research Council - Canadian Pollination Initiative) y se inició la publicación del boletín de la Iniciativa Canadiense donde se publican todas las actividades que se realizan en el tema. Recientemente, en mayo de 2010, se publicó un libro sobre Protección de las abejas (Parcker, 2010). Se han realizado dos cursos uno sobre Identificación de Polinizadores y otro de campo sobre Biología de la polinización. La Iniciativa Canadiense tienen ocho grupos de trabajo: 1. Polinizadores nativos; 2. Manejo de polinizadores; 3. Biología reproductiva de plantas; 4. Polinización anemófila; 5. Ecosistemas; 6. Predicción; 7. Económico; 8. Cultivo específico: para el 2009 fue el arándano; en 2010 se propuso trabajar en Canola. Periódicamente, el Boletín de Canpolin, presenta los avances de cada uno de estos ítems. Sabemos, por ejemplo, que en el tema 1 hay avances importantes en la organización de bases de datos y código de barras de colecciones entomológicas, claves taxonómicas para algunos géneros de Apoidea y de Diptera, Claves taxonómicas interactivas para Lepidoptera. La página de contacto http://www.uoguelph.ca/canpolin/ permite acceder a todos los boletines y demás información de Canpolin.

RED TEMÁTICA DE POLINIZADORES DE IABIN

La OEA estableció en 1996 la Red Interamericana de Informaciones sobre biodiversidad (Iabin, http//pollinators.iabin.net)) con el objetivo de establecer una red para promover la digitalización, visualización, integración e intercambio de información sobre biodiversidad en Las Américas.

Dentro de las cinco redes temáticas establecidas por la Iabin, una de ellas fue dedicada a los polinizadores: La Red Temática de Polinizadores (PTN) que inició en 2006 y finalizó en 2010. Durante ese período de tiempo implementó un programa de capacitación para todas las personas encargadas e interesadas en colecciones, de manera que conocieran las herramientas informáticas para la organización y manejo de colecciones científicas. Responsables de colecciones de varias universidades colombianas tuvieron acceso a este programa, de forma tal que hoy en día varias colecciones colombianas de polinizadores hacen parte de la PTN. Además de esto la PTN organizó una base de datos de especialistas en la polinización y sobre polinizadores y desarrollo una Portal de datos sobre polinizadores. (http://www.biocomp.org.br/iabinptn/documents/Iabin%20Pollinators%20factsheet-Spanish.pdf)

PLATAFORMA INTERGUBERNAMENTAL DE BIODIVERSIDAD Y SERVICIOS ECOSISTÉMICOS (IPBES)

Esta plataforma se constituyó en Junio de 2010, en reunión celebrada en Busán (República Corea) como respuesta a la necesidad manifiesta de recopilar, sintetizar y analizar información sobre la diversidad biológica y los servicios ecosistémicos a nivel mundial, para

la toma de decisiones en diversos foros políticos, tales como los convenios internacionales sobre el medio ambiente y los diálogos sobre políticas de desarrollo. Ipbes funciona bajo el patrocinio de Unep, Fao, Undp y Unesco. En 2012, en Panamá, 94 gobiernos, incluyendo Colombia, respaldaron la decisión para el establecimiento de Ipbes y se decidió que su secretaria se localizara en la ciudad de Bonn (Alemania). El objetivo principal de Ipbes es dar vida a una interface entre la comunidad científica y los encargados de formular políticas, la cual contribuya a la creación de capacidad y al fortalecimiento del uso de la ciencia en la formulación de política pública. http://www.ipbes.net/about-us

Dentro de los objetivos y productos previstos en el programa de trabajo de la Plataforma (2014-2018) uno de ellos es la realización de una evaluación temática, por vía rápida, de la polinización, polinizadores y producción de alimentos. Esta tarea reunió a expertos de todo el mundo (incluyendo Colombia) para recopilar la información existente sobre diversidad y estado de los polinizadores, la dinámica de la polinización, factores que generan cambios en el servicio de polinización, efectos que causa la disminución y el déficit de polinizadores en el bienestar humano y respuestas para enfrentar estos cambios, valor económico y no económico de la polinización. Recientemente (febrero 26 de 2016) se aprobó el reporte final, elaborado por un equipo de 77 expertos de todo el mundo. Tanto el informe final como el resumen ejecutivo para los responsables de formular políticas a nivel nacional (SPM), se presentaron en la Sesión plenaria de Ipbes, y fueron evaluados y aprobados por representantes de las 124 naciones que hacen parte de la Plataforma Intergubernamental (Ipbes) en Kuala Lumpur (Malasia) http://www.ipbes.net/plenary/ipbes-4

REFERENCIAS

Alves Dos Santos I. A importância das coleções de abelhas para a Iniciativa Internacional dos polinizadores. 2005. Disponible en: http://www.cria.org.br/cgee/documentos/NotaTecnicaAbelhas.doc. [consultado el 15 de enero de 2014).

Camargo JMF, Pedro SRM. Meliponini Lepeletier, 1836. In Moure JS, Urban D, Melo GAR, Organizadores. Catalogue of bees (Hymenoptera, Apoidea) in the Neotropical Region, Online version. 2012. Disponible en: http://www.moure.cria.org.br/catalogue [consultado el 20 de septiembre de 2012].

Dias BSF, Raw A, Imperatriz-Fonseca VL. International pollinators initiative: The Sao Paulo declaration on pollinators. Report on the Recommendations of the Workshop on the Conservation and Sustainable Use of Pollinators in Agriculture with Emphasis on Bees. 1999. Disponible en: http://www.cbd.int/doc/ref/agr-pollinator-rpt.pdf [consultado el 10 de marzo de 2014].

Eardley C, Kuhlmann M, Pauly A. The bee genera and subgenera of sub-Saharan Africa. Abc Taxa 7; 2010.

Eardley C, Roth D, Clarke J, Buchmann S, Gemmill B, editores. Pollinators and pollination: A Resource book for policy and practice. Pretoria: African Pollinator Initiative; 2006. 77 p.

Eardley C, Urban R. Catalogue of Afrotropical bees (Hymenoptera: Apoidea: Apiformes). Zootaxa 2455:1-548. 2010

Freitas BM, Pereira JOP, editores. Solitary bees, conservation, rearing and management for pollination. Proc. of International Workshop on Solitary Bees, Federal University of Ceara, Brazilian Ministry of the Environment. Fortaleza: Imprensa Universitaria; 2004. 285 p.

Freitas BM, Imperatriz-Fonseca VL, Medina LM, Kleinert AMP, Galetto L, Nates-Parra G, *et al*. Diversity, threats and conservation of native bees in the Neotropics. Apidologie 2009;40:332-346. Doi: 10.1051/apido/2009012

Freitas BM, Pinheiro JN. Polinizadores e pesticidas: princípios de manejo para os ecossistemas brasileiros. 1. ed. Brasília: Ministério do Meio Ambiente; 2012. 112 p.

Gross CL, Newstrom-Lloyd LE, Howlett B, Plunkett G, Donovan BJ. Monitoring pollinators: case studies from Australia and New Zealand (poster). "Caring for Pollinators", at the 9th Conference of the Parties (COP-09); 2008. Disponible en: http//pollinators.iabin.net [última consulta marzo 18 de 2014].

Imperatriz-Fonseca VL, Saraiva AM, De Jong D, editores. Bees as pollinators in Brazil: assessing the status and suggesting best practices. Ribeirão Preto: Holos Editora; 2006. 112 p.

Imperatriz-Fonseca VL, Saraiva AM, Gonçalves LS. A iniciativa brasileira de polinizadores e os avanços atuais para a compreensão dos serviços ambientais prestados pelos polinizadores. Biosci J. 2007;23:100-106.

Imperatriz-Fonseca VL, Canhos DAL, Alves D A, Saraiva AM. Polinizadores e polinização: um tema global. En: Imperatriz-Fonseca VL, Canhos DAL, Alves DA, Saraiva AM, Organizadores. Polinizadores no Brasil: Contribuição e perspectivas para biodiversidade, uso sustentável, conservação e serviços ambientais. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo; 2012. p. 23-45.

Kevan P, Imperatriz-Fonseca VL, editores. Pollinating bees: The conservation link between agriculture and nature. Brasília: Ministry of Environment; 2002. 313 p.

National Research Council. Status of pollinators in North America. Washington, DC: The National Academies Press; 2007. 322 p.

Moure JS, Urban D, Melo GAR, Organizadores. Catalogue of bees (Hymenoptera, Apoidea) in the Neotropical Region, Online version. 2007. (Disponible en: http://www.moure.cria.org.br/catalogue [consultado el 20 de septiembre de 2012].

Newstrom-Lloyd LE, Cooper J, Spencer NJ, Wilton AD. Integrated information system for Oceania Pollinator Initiative (OP): based on a federation of distributed databases. En: Ssymank A, Hamm A, Vischer-Leopold M, editores. Caring for pollinators. Safeguarding and agro biodiversity and wild plant diversity: Current progress and need for action presented in a side event at COP 09 in Bonn (22.05.2008). Bonn: Bundesamt für Naturschutz (BfN), Federal Agency for Nature Conservation; 2009. p. 78-85.

Packer L, Ratti C. Key to the bee families of the world. 2009. Disponible en: http://www.yorku.ca/bugsrus/resources/keys/BFoW/Images/Introduction/Introduction.html [consultado el 30 de septiembre de 2012]

Packer L. Keeping the bees. Toronto: Harper Collins Publishers Ltd; 2010. 66 p.

Paxton RJ, Brown MJF, Murray TE. Special issue on bee conservation. Apidologie. 2009:40(3):193.

Ratnieks FLW, Carreck NL. Clarity on honey bee collapse? Science. 2010:327(5962):152-153. Doi: 10.1126/science.1185563

Saraiva AM, Imperatriz-Fonseca VL, Cunha RS, Cartolano Júnior EA. WebBee - A web-based information network on bees. Revista de Engenharia de Computação e Sistemas Digitais. 2003;(1):78-87.

Silveira FA, Melo GAR, Almeida EAB. Abelhas brasileiras: Sistemática e identificação. Belo Horizonte: Fernando A. Silveira; 2002. 253 p.

Ssymank A, Hamm A, Vischer-Leopold M, editores. Caring for pollinators. Safeguarding and agro biodiversity and wild plant diversity: Current progress and need for action presented in a side event at COP 09 in Bonn (22.05.2008). Bonn: Bundesamt für Naturschutz (BfN), Federal Agency for Nature Conservation; 2009. 191 p.

Van-Engeldorp G, Meixner MD. Historical review of managed honeybee population in Europe and the United States and the factor that may affect them. J Invertebr Pathol. 2010;103:S80-S95. Doi: 10.1016/j.jip.2009.06.011

CAPÍTULO 5

INICIATIVA COLOMBIANA DE POLINIZADORES CON ÉNFASIS EN ABEJAS

Guiomar Nates-Parra M. Sc., Ángela T. Rodríguez-Calderón M. Sc., Fermín J. Chamorro M. Sc., Paula Montoya cPh.D., Nedy Ramirez M. Sc., Diana Obregón M. Sc.
Laboratorio de Investigaciones en Abejas (LABUN), Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá. *mgnatesp@unal.edu.co*

INTRODUCCIÓN

Como ya se mencionó en los capítulos precedentes, la riqueza biológica de Colombia bien merece que nos ocupemos de ella. Tema importante es la protección de las interacciones entre las especies animales y vegetales relacionadas con la polinización, como uno de los servicios base necesarios para el buen funcionamiento de los ecosistemas y el mantenimiento de una buena calidad de vida (Mea, 2005). Sabemos que muchas regiones del mundo se están desarrollando campañas en favor de los polinizadores, apoyadas por los sectores gubernamentales, académicos y empresariales de los respectivos países. En Colombia, la academia es uno de los sectores que se ha preocupado del tema, mediante la realización de trabajos de investigación, cursos y talleres, cuyo objetivo es producir y divulgar información y conocimiento científico sobre polinización, polinizadores, factores que los amenazan y como mitigar sus efectos. Con la presentación de la Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y los Servicios Ecosistémicos, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (PNGIBSE) en el 2012 se establece una herramienta importantísima que permitirá orientar todas las acciones que se desarrollen en favor de la conservación de la biodiversidad colombiana. La PNGIBSE menciona la importancia de proteger la biodiversidad y los ecosistemas en general, y aunque no hace referencia explícita al servicio de polinización y a los factores que están causando la pérdida o disminución de polinizadores, dentro de los ejes temáticos del marco estratégico, se vislumbra una ventana abierta para presentar propuestas concretas sobre la protección de los polinizadores y sus interacciones con la vegetación. Uno de dichos ejes está relacionado con el "*fortalecimiento y fomento de la gestión del conocimiento y la información para orientar y sustentar la toma de decisiones respecto a la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos, así como para incrementar su valoración integral (económica y no económica) por parte de sectores económicos, ambientales y sociales*" que es lo que se pretende con la Iniciativa Colombiana de Polinizadores, énfasis Abejas (ICPA).

En concordancia con los ejes temáticos del marco estratégico del PNGIBSE presentamos la Iniciativa Colombiana de Polinizadores, énfasis Abejas**,** como un aporte necesario para la el conocimiento y conservación de uno de los principales polinizadores en los ecosistemas.

Con el objetivo de que Colombia se sume a las iniciativas internacionales para la protección y conservación de los polinizadores, desde hace algunos años se han venido realizando esfuerzos para reunir a todas aquellas personas interesadas en aportar a la investigación y a la divulgación de la "causa de los polinizadores". Conocer cuáles son estas especies, qué servicios prestan, cómo interactúan con las plantas y cuán importantes son en la agricultura nacional, son las preguntas que nos han llevado a insistir en la consolidación de una Iniciativa Colombiana, con el fin de conocer la real situación de los polinizadores, inicialmente con el caso abejas, para determinar los factores que las afectan y que hace que cada vez, con mayor frecuencia escuchemos la frase…."*antes había abejitas por aquí…pero hoy toca ir al monte a buscarlas*"…¿Qué ha pasado entre el antes y el hoy?.

Múltiples factores han incidido en la disminución o desaparición de especies o poblaciones de abejas y eso trae consecuencias que afectan el servicio de polinización. Según Aizen *et al.*, (2009) en los países tropicales, en particular en los del neotrópico, cada vez más se incrementa la necesidad de polinizadores en las áreas agrícolas, pero con su disminución se aumentaría el área cultivada como una forma de compensar la disminución de la productividad y la disponibilidad de polinizadores no sería suficiente para cubrir ese servicio. Las abejas silvestres pueden complementar la acción de *Apis mellifera* como polinizador, pero el problema principal es que todavía no conocemos bien las técnicas de cría y manejo de polinizadores silvestres para utilizarlos en cultivos agrícolas (Imperatriz-Fonseca, 2010).

En este capítulo presentaremos las actividades previas a la conformación de la ICPA, sus objetivos y su plan de Acción.

ANTECEDENTES DE LA ICPA

Colombia, por intermedio del Laboratorio de Investigaciones en abejas de la Universidad Nacional de Colombia (LABUN) participó en varias reuniones y foros sobre iniciativas internacionales de polinizadores (octubre 2002: Mesa de trabajo sobre listas de las especies de abejas del mundo, organizada por Centro de Referencia de Información ambiental (CRIA) y Universidad de São Paulo (USP) en Indaiatuba, São Paulo, Brasil; octubre 2003: Foro Declaración de São Paulo sobre los Polinizadores, organizado por la USP y Ministerio del Ambiente-Brasil en São Paulo, Brasil; abril 2004: Mesa de Trabajo: Abejas Solitarias: Conservación, Cría y manejo para polinización en Fortaleza, Ceará, Brasil). En esas reunionen se conocieron las rutas de trabajo y acciones en otros países lo cual permitió sentar las pautas iniciales para el establecimiento de la Iniciativa Colombiana. Se invitaron líderes de la Iniciativa Brasilera de Polinizadores a los encuentros colombianos sobre abejas silvestres para exponer su experiencia en la construcción de tal Iniciativa.

A raíz de esas actividades se generó un primer documento titulado "Una Iniciativa Colombiana de Polinizadores (ICP) con énfasis en Abejas", que fue presentado en el II Encuentro Colombiano sobre abejas silvestres (noviembre de 2004, Bogotá, Colombia). En este documento se hace un diagnóstico del conocimiento existente hasta el momento sobre abejas como polinizadores en el país. Un segundo documento (Abejas sin aguijón e iniciativa de polinizadores) se presentó en el V Coloquio de Insectos sociales- IUSSI Bolivariana en Cali (Nates-Parra, 2005a), en donde se resalta la importancia de los meliponinos en polinización y se señalan las principales limitantes para su uso como polinizadores en Colombia. Almanza (2002) hizo una presentación sobre los abejorros del género *Bombus* y las iniciativas de polinizadores, donde expuso la importancia de los *Bombus* nativos en la polinización de cultivos en invernaderos y la necesidad de profundizar en el conocimiento de su biología, cría y manejo.

Desde el LABUN se han generado iniciativas que buscan resolver algunos de los problemas que enfrentan los polinizadores, y poner en conocimiento de profesionales y del público en general la importancia de las abejas silvestres como organismos que hacen parte de nuestra biodiversidad y que desempeñan un papel fundamental en la conservación de los ecosistemas. Una de estas iniciativas fue la realización de los Encuentros colombianos sobre abejas silvestres (I Encuentro, Bogotá, 2002; II Encuentro, Bogotá, 2004; III Encuentro, Santa Marta, 2006; IV Encuentro, Bogotá, 2008; V Encuentro, Medellín, 2010; VI Encuentro, Bogotá, 2012; VII Encuentro, Cartagena de Indias, 2014). En todos estos eventos hemos contado con la participación de investigadores de países que como Brasil, con bastante experiencia en trabajo con polinizadores silvestres han liderado buena parte de la Iniciativa Internacional de Polinizadores (Ver capítulo 4). Durante el II encuentro presentamos el primer borrador de la Iniciativa Colombiana de Polinizadores y se realizó un foro con los participantes para complementar la iniciativa, de donde surgió un documento que se ha convertido en la base para generar esta propuesta. En los cuatro encuentros pasados se ha demostrado una mayor motivación por el trabajo con abejas y su papel como polinizadores lo que ha llevado al surgimiento de nuevos grupos de investigación y al fortalecimiento de otros existentes, interesados en conocer más la diversidad de abejas del país, además del establecimiento de colecciones especializadas en abejas (13 hasta el momento- Ver capítulo 15). Por ejemplo, el grupo de Biodiversidad y Ecología de abejas silvestre de la Universidad Militar Nueva Granada (Bogotá), el Grupo de Investigaciones en Abejas de la Universidad Nacional, Sede Medellín y el Grupo de Investigación en Biocalorimetría de la Universidad de Pamplona.

En agosto del 2010 se llevó a cabo un Taller para la Formulación del plan de acción de la ICPA (Pa-ICPA), con el patrocinio de la Universidad Nacional de Colombia y el Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Durante este taller se presentó el logotipo de la ICPA, y se formuló el Plan de acción. Además se hizo un diagnóstico rápido sobre el estado del conocimiento de polinizadores abeja en el país, tanto de *Apis mellifera* como de abejas silvestres. Se evidenció la necesidad de conocer la situación de los polinizadores y el servicio de polinización en Colombia. Para noviembre del mismo año, en el marco del V Encuentro Colombiano sobre abejas silvestres, se presentó el estado

actual de las Iniciativas internacionales y el de la Iniciativa Colombiana. Se realizó una mesa redonda donde se revisaron las líneas de acción propuestas en agosto y se sugirieron acciones y compromisos específicos con el fin de buscar apoyos y darle visibilidad a la Iniciativa Colombiana de Polinizadores. Para el 2012 se presentó un resumen de las acciones y proyectos realizados en el marco de la ICPA (Nates-Parra, 2012)

OBJETIVOS DE LA ICPA

La iniciativa Colombiana de polinizadores está en plena concordancia con los postulados de la Iniciativa internacional y busca promover el conocimiento, la divulgación, el manejo, uso sostenible y la conservación de los polinizadores-abejas en Colombia.

Objetivos Específicos

- Sensibilizar a los diferentes actores sociales sobre la problemática relacionada con los polinizadores en Colombia y hacer visible el papel de los polinizadores en el desarrollo de la sociedad colombiana.
- Insertar la iniciativa de polinizadores en las políticas nacionales de Biodiversidad y gestionar la implementación, creación de la legislación relacionada con el manejo de los hábitats, las interacciones entre los polinizadores y plantas.
- Conocer, conservar y establecer el papel de los polinizadores en la producción de diferentes cultivos de interés, además de la reproducción de plantas en ecosistemas naturales y proteger; entender y promover el proceso esencial de la polinización para el desarrollo sostenible y conservación de la biodiversidad en Colombia
- Posicionar a los polinizadores como elementos fundamentales de la biodiversidad relacionados con seguridad alimentaria.
- Identificar prácticas de uso y manejo sostenible de los polinizadores e implementar estrategias tendientes a la restauración y conservación de la función de polinización y de los hábitats naturales de los polinizadores.
- Promover la valoración económica de polinizadores de interés para la producción de diferentes cultivos.
- Generar y divulgar conocimiento científico y tradicional de los polinizadores en Colombia.

PLAN DE ACCIÓN DE LA ICPA (PA-ICPA)

Para la formulación del Plan de Acción se contó con la participación de representantes de los Ministerios de Ambiente y Desarrollo sostenible (Mad) así como también el de Agricultura y Desarrollo Rural (Madr), investigadores de diferentes universidades e institutos de investigación, representantes del gremio apícola y cadenas productivas. Además, contamos con la presencia de investigadores internacionales (Gef-Fao-Brasil, U. de Reading-Inglaterra) quienes realizaron aportes importantes para la formulación de este Plan de Acción (Anexo I).

Durante el Taller para la formulación del PA-ICPA los participantes se organizaron en grupos de trabajo de donde surgieron cuatro líneas de acción, con sus metas (Fig. 5.1), objetivos y acciones (Tabla 5.1).

Línea 1 Conocimiento, conservación y restauración de la función de la polinización	**Línea 2** Uso y manejo de polinizadores	**Línea 3** Valoración del servicio de polinización	**Línea 4** Educación, divulgación y participación comunitaria
Meta 1 Generación y conocimiento acerca de la función de la polinización y sus componentes. 2 objetivos **Meta 2** Conservación de la función de la polinización 1 objetivo **Meta 3** Restauración de la función 1 objetivo	**Meta 1** Uso y manejo adecuado de los polinizadores en relación con los paisajes circundantes 2 objetivos	**Meta 1** Valorar integralmente el servicio de la polinización en sistemas agrícolas y naturales 3 objetivos	**Meta 1** Generar conciencia en todas las poblaciones de Colombia sobre la importancia de la alimentación para la seguridad alimentaria, la conservación de la biodiversidad y la identidad cultural 4 objetivos

Figura 5.1 Plan de Acción de la Iniciativa Colombiana de Polinizadores, énfasis abejas (PA-ICPA), con sus líneas y metas. Los objetivos y las acciones realizadas se ven en la tabla 5.1

Tabla 5.1. Cumplimiento del Plan de Acción de la ICPA

Línea	Meta	Objetivo	Acciones	Cumplimiento
1	1	1. Conocimiento científico	1. Elaboración de un diagnóstico preliminar del estado de conocimiento por regiones de la función de la polinización (¿Qué hay?, ¿qué se está haciendo?)	Desarrollado parcialmente. La información presentada en este documento hace parte del desarrollo parcial de esta primera acción. Otros trabajos se encuentran en Calle *et al.* (2010), Bravo *et al.* (2015)
			2. Identificación de las especies polinizadoras, vinculando el conocimiento tradicional	En este documento se presentan información sobre polinizadores específicos de algunos frutales y palmas, y del conocimiento en algunos pueblos indígenas sobre las abejas nativas (Cabrera y Nates-Parra, 1999; Falcheti y Nates-Parra, 2002; Rosso-L y Parra, 2008; Estrada, 2012 ; Rosso-L y Estrada, 2015).
			Evaluación del estado actual de las poblaciones de polinizadores	Desarrollado parcialmente (ver capítulos 7 a 11). Además: Nates-Parra (2005b);-Calle (en desarrollo); Rosso (2015) actualmente evalúa la pérdida de colonias de *Tetragonisca angustula* en Reserva Natural Hacienda Agroecológica El Paraíso, Santander
			Fortalecimiento del recurso humano asociado al proceso de polinización y al trabajo taxonómico (formación de investigadores)	En desarrollo. Formación de estudiantes de pre y posgrado en varias universidades del país y del exterior. Realización de eventos y cursos de actualización (este capítulo)
			Fortalecimiento de las colecciones	En desarrollo: actualización de bases de datos de las colecciones y vinculación al Sib. Hay 13 colecciones entomológicas especializadas o con énfasis en abejas (ver capítulo 15)

Línea	Meta	Objetivo	Acciones	Cumplimiento
1	1	1. Conocimiento científico	Elaboración de protocolos para el monitoreo del proceso de polinización	En desarrollo: A través de trabajos de investigación que validan los protocolos utilizados para este fin. Ver capítulos 16, 17 y 18. Además Rodríguez *et al.*, (2015)
		2. Conocimiento tradicional	Elaboración de un diagnóstico del estado de conocimiento tradicional por regiones de la función de la polinización	Desarrollado parcialmente. Ver Estrada (2012) y Rosso-Londoño (2013). Ver capítulo 7. Además ver Rosso y Estrada (2015)
	2	1. Definir e implementar acciones de conservación	Proponer estrategias de conectividad entre áreas prioritarias	
			Generación de incentivos y establecimiento de las alianzas	Actualmente se desarrollan trabajos mediante convenio entre el Jardín Botánico de Medellín y la Hacienda Agroecológica El Paraíso (Hep), Santander, con el objetivo de fortalecer el conocimiento, uso y manejo de las abejas nativas de Colombia.
			Conformación y mantenimiento de la red humana (comunidad, investigadores, ONGs)	En desarrollo. A través de reuniones periódicas en eventos específicos (Siete Encuentros Colombiano sobre abejas silvestres Abejas, Nates-Parra (Ed)); asociaciones de apicultores están comenzando a trabajar en cría y manejo de otros polinizadores.
			Determinación de las amenazas del estado actual de la función de la polinización	En desarrollo. Ver capítulo 12.
			Generación de protocolo para la valoración de las amenazas	
	3	1. Establecer la estrategia de restauración según las necesidades locales identificadas	Determinar las causas del deterioro de la función de polinización	En desarrollo: realización de reuniones con la Andi y Cámara Procultivos para informar sobre la problemática especialmente en el manejo de agroquímicos. Divulgación en eventos específicos

Línea	Meta	Objetivo	Acciones	Cumplimiento
1	3	1. Establecer la estrategia de restauración según las necesidades locales identificadas	Dependiendo de la causa: reintroducción de individuos ó recuperación del hábitat ó prohibición de pesticidas etc.	En desarrollo. Importancia del hábitat urbano para la conservación de abejas silvestres (ver capítulo 14). La Secretaría Técnica de la Cadena de Abejas y Apicultura ha convocado a reuniones para tratar el tema
2	1	1. Identificar los polinizadores eficientes en paisajes naturales, agrícolas, urbanos y agro-ambientales	Desarrollo de estudios de biología, comportamiento y/o productividad agrícola en zonas representativas del país y de los 4 paisajes mencionados.	Desarrollo parcial. Se han realizado trabajos en diferentes regiones del país, que pueden encontrarse en la bibliografía de esta obra. Ver además publicación sobre visitantes y nidos trampa en zona de producción de pasifloras Pinilla y Nates-Parra (2015a), sobre visitantes en poblaciones de agraz silvestre (Pinilla y Nates Parra, 2015b) y sobre actividad externa y recursos polínicos de *T. angustula* (Currea, 2015). Inventario actualizado de las abejas que habitan y/o visitan el Jardín Botánico de Bogotá y su relación con las plantas, con el objetivo de implementar estrategias y estudios posteriores sobre polinización y cría de abejas en ambientes urbanos y rurales de Bogotá. Reporte, Inventario y seguimiento de nidos de abejas solitarias presentes en el Jardín Botánico de Bogotá para implementar estaciones de observación, estudio y socialización sobre la historia natural de estas abejas.

Línea	Meta	Objetivo	Acciones	Cumplimiento
2	1	2 Diseñar y establecer planes de manejo que permitan el uso y protección de los polinizadores y los servicios que prestan en el respectivo paisaje	Identificación, estudio y establecimiento de esquemas agroambientales.	Desarrollo parcial: Rosso-Londoño (2003). En la Hep se está avanzando en conocer las abejas, las plantas (inventario, calendario floral) e integrar este conocimiento con el manejo de los sistemas productivos y de conservación.
2	1	2. Diseñar y establecer planes de manejo que permitan el uso y protección de los polinizadores y los servicios que prestan en el respectivo paisaje	Estudios de cría y manejo de polinizadores a nivel local y regional	En desarrollo: Ensayos de uso de nidos trampa (meliponinos, y abejas solitarias) y de cría, reproducción y manejo en abejas del género Frieseomelitta, en HEP. Recopilación de información sobre uso de abejas solitarias y establecimiento de nidos trampa. Ver capítulos 7, 8, 10 y 13 de esta obra. Además, Pinilla y Aguilar (2016).
			Diseño de instrumentos legales que permitan regular la cría y manejo de polinizadores	
			Diseño de instrumentos legales que incentiven prácticas agrícolas para la protección de los polinizadores, su diversidad y los servicios que prestan.	
			Integrar diferentes actores en la construcción y ejecución de los planes de manejo.	
3	1	1. Determinar el estado actual de los estudios de valoración de servicios ecosistémicos en Colombia y su aplicación a la polinización	Elaboración de una base de datos nacional e internacional de estudios de valoración del servicio de la polinización, con sus principales aportes y metodologías. (Incluyendo documentos académicos, experiencias comunitarias, institucionales, métodos , escalas, niveles de incidencia)	En desarrollo: Se hizo la valoración de los servicios de polinización en tres cultivos promisorios siguiendo los protocolos establecidos por la Fao (Ver bibliografía: Rodríguez (2014); Rodríguez *et al.* (2015); Garibaldi *et al.* (2016)).

Línea	Meta	Objetivo	Acciones	Cumplimiento
3	1	2. Realizar un análisis de los diferentes instrumentos existentes para valorar el servicio de polinización y su posible aplicación en los escenarios colombianos	Identificación de escenarios geográficos, sociales y productivos prioritarios para la valoración del servicio de polinización en Colombia.	
			Identificación de herramientas e instrumentos para la valoración del servicio en diferentes escenarios nacionales	
		3. Desarrollar protocolos diferenciados por escenarios de valoración del servicio de la polinización	Desarrollo de bases para la elaboración de protocolos de valoración en escenarios prioritarios nacionales	En desarrollo. Se ensayaron metodologías para valoración del servicio de polinización en tres paisajes colombianos diferentes (ver bibliografía)
			Desarrollo de protocolos específicos para cada escenario nacional	
			Aplicación de protocolos de valoración en escenarios prioritarios y ajuste según experiencia de aplicación	
4	1	1. Dar a conocer la importancia de la polinización para la seguridad alimentaria, la conservación de la biodiversidad y la identidad cultural.	Fomentar el conocimiento sobre la polinización en el área turística.	Desarrollo de un recorrido interpretativo para el campus del Jardín Botánico de Bogotá, con la participación de estudiantes de la Universidad Pedagógica Nacional y la Universidad Nacional de Colombia
			Crear la semana de los Polinizadores a nivel nacional	
			Vincular los medios de comunicación como periódicos, revistas, noticieros, boletín del consumidor con el tema de la polinización.	En desarrollo: Se han presentado entrevistas en TV (Canal 1) y en medios escritos sobre polinización y polinizadores.
			Establecer una agenda de contactos de los medios de comunicación para que participen como invitados en los eventos de la ICPA.	
			Elaborar un documental sobre la polinización en Colombia.	
			Activar la participación de empresas de alimentos (indicar el polinizador)	

Línea	Meta	Objetivo	Acciones	Cumplimiento
4	1	2. Garantizar que el conocimiento que se genere a través de la ICPA llegue y sea accesible para cada uno de los renglones de la sociedad.	Crear herramientas de comunicación para la red de actores involucrados en la ICPA.	
			Crear un comité para la presentación de la ICPA, ante diferentes tipos de público.	
			Página Web y espacios de discusión	Organización de la semana de los insectos en su primera versión en noviembre de 2015, con actividades lúdicas, académicas y de sensibilización en las que los insectos polinizadores, en la cual las abejas ocuparon un papel relevante (Jardin Botánico de Bogotá).
		3. Involucrar a las comunidades dentro del proceso de formulación, ejecución, evaluación y monitoreo de los proyectos de investigación ICP	Rescatar el conocimiento tradicional	Desarrollo parcial. Ver Estrada (2012), Rosso-Londoño (2013)
			Identificar y formar líderes locales en el tema de la polinización e incluirlos en la formulación de proyectos.	Trabajo conjunto con líder ambiental (Juan Caicedo) en la zona del Chicó en Bogotá quien adelanta una estrategia de diseño de zonas verdes funcionales en áreas urbanas.
		4. Fortalecer la educación formal y no formal (nivel universidad, nivel colegio, nivel turístico)	Elaborar guías y juegos sobre Polinización para público de todas las edades.	Parcial: Folleto divulgativo sobre las abejas de un sector del Quindío (Gutiérrez y Zabala, 2015). Elaboración de una guía de abejas del Jardín Botánico de Bogotá con datos generales sobre las abejas presentes en la ciudad y elementos útiles para la educación tanto del ciudadano común como para estudiantes interesados en el tema (Rodríguez *et al.* 2015)
			Que los PRAES incluyan proyectos de investigación en la Polinización y su importancia en la vida diaria.	

Línea	Meta	Objetivo	Acciones	Cumplimiento
4	1	4. Fortalecer la educación formal y no formal (nivel universidad, nivel colegio, nivel turístico)	Que los libros de biología incluyan un capítulo de polinización y su importancia en la vida diaria.	
			Dictar cursos libres de polinización (escuelas, universidades…)	Dentro de la programación de la Cátedra Manuel Ancizar de la Universidad Nacional de Colombia, se desarrolló una sesión sobre polinización y polinizadores con invitada internacional (Prof. Dra Blandina F. Viana- Brasil)
			Instalar meliponarios en colegios y escuelas rurales	En desarrollo. Hay Meliponarios instalados en varias instituciones educativas como: San Mateo,(Boyacá), Universidad de Cundinamarca (Fusagasugá).
			Incluir en los cursos de biología para todas las carreras profesionales un capítulo sobre polinización y su importancia en la vida diaria	Asignatura electiva sobre Biología y Comportamiento de abejas (Dpto. de Biología, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá) abierto a toda la comunidad universitaria y a particulares que deseen inscribirse en él. Programa de postgrado en la U. Militar Nueva Granada
			Generar una red entre los grupos de investigación que trabajen con grupos polinizadores	

Como se observa en la tabla 5.1, muchas de las acciones no se han iniciado y otras apenas están en desarrollo. En la medida que los diferentes actores de la sociedad contribuyan a los objetivos de la ICPA y articulen esfuerzos, el PA-ICPA se fortalecerá y la polinización y los polinizadores serán un tema relevante que deberá ser incluido en las políticas nacionales para la conservación de la biodiversidad.

En esta obra se ofrece información actualizada acerca del conocimiento científico recopilado hasta ahora sobre polinización y polinizadores y esto se ajusta no solo a las acciones de la primera meta del PA-ICPA, sino también a uno de los ejes temáticos del

marco estratégico del PNGIBSE. Consideramos que esta información aportará elementos para orientar y sustentar la toma de decisiones respecto a Polinización y polinizadores en el país.

En los capítulos siguientes se presenta un diagnóstico preliminar sobre la situación de los polinizadores y la polinización en Colombia. Se recopiló bastante información no solo de artículos publicados en revistas indexadas, sino también de literatura gris (tesis de posgrado, trabajos de grado y resúmenes en eventos) con el fin de que se conozca y se divulgue. Es muy posible que en este documento falten trabajos de los cuales no hayamos tenido conocimiento, o que estén en fase de análisis o publicación, pero la idea es que a partir de este escrito se generen muchas más iniciativas que contribuyan al conocimiento de la biodiversidad, uso sostenible y conservación de los polinizadores de Colombia, así como de los servicios ambientales.

El propósito final de éste libro no es otro que contribuir a la solución de uno de los conflictos mencionados en el PNGBSE relacionado con la visualización y disponibilidad del conocimiento científico por los actores involucrados en la gestión de la biodiversidad en Colombia (Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2012).

REFERENCIAS

Aizen MA, Garibaldi LA, Cunningham SA, Klein AM. How much does agriculture depend on pollinators? Lessons from long term trends in crop production. Ann Bot. 2009;103:1579-1588. Doi: 10.1093/aob/mcp076

Almanza MT. Biología de nidación y cría de abejorros del género *Bombus* (Hymenoptera: Apidae). En: Nates-Parra G, editora. Memorias I Encuentro Colombiano sobre Abejas Silvestres. Bogotá; Laboratorio de Investigaciones en Abejas, Universidad Nacional de Colombia; 2002.

Bravo-Monroy L, Tzanopoulos J, Potts S. Ecological and social drivers of coffee pollination in Santander, Colombia. Agric Ecosyst Environ. 2015;211: 145-154.

Cabrera G, Nates-Parra G. Uso de las abejas por comunidades indígenas: Los Nukak y las abejas sin aguijòn. En: Nates- Parra, G, editora. Laboratorio de Investigaciones en Abejas. Memorias III Encuentro IUSSI Bolivariana. Bogotá: Laboratorio de Investigaciones en Abejas, Universidad Nacional de Colombia; 1999. p. 59-70

Calle Z, Guariguata MR, Giraldo E, Chará J. La producción de maracuyá (*Passiflora edulis*) en Colombia: Perspectivas para la conservación del hábitat a través del servicio de polinización. Interciencia. 2010; 35:207-212.

Calle AM. Identificación de abejas nativas (Hymenoptera: Apoidea) presentes en el Jardín Botánico de Medellín [Trabajo de Grado]. Medellín: Universidad Nacional de Colombia; 2015.

Currea S. Implementación de un nuevo meliponario en las instalaciones de la hacienda agroecológica El Paraíso, Cimitarra, Santander [Trabajo de Grado]. Bogotá: Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia; 2015. 55 p.

Estrada WG. Conocimiento siriano y bará sobre las abejas nativas: Comunidad Bogotá Cachivera; Mitú, Vaupés. Mitú: SENA-Tropenbos; 2012. 62 p.

Falchetti A, Nates-Parra G. Las hijas del sol: las abejas sin aguijón en el mundo U´wa, Sierra Nevada del Cocuy. En: Ulloa A, Editor. Rostros culturales de la fauna. Colombia: Instituto Colombiano de Antropología e Historia, Fundación Natura; 2002. p. 175-214.

Garibaldi L, Carvalheiro L, Vaissière BE, Gemmill-Herren B, Hipólito J, Freitas B, et al., Mutually beneficial pollinator diversity and cropyield outcomes in small and large farms. Science 2016; 351 (6271): 388-391

Gutiérrez C, Zabala GA. Las abejas en Barbas-Bremen, Sector Quindío, Colombia. 2015. Disponible en: https://www.nature.uni-freiburg.de/ressourcen/Brosch_Flyer/Gutierrez_Chacon_Barbas_Bremen [consultado el 30 de julio de 2015]

Imperatriz-Fonseca VL. Conservação de polinizadores no ano internacional da biodiversidade. Ecol Australis. 2010;14(1):14-15.

Millennium Ecosystem Assessment (Mea). Ecosystems and human well-being: Biodiversity synthesis. Washington D.C.: World Resources Institute; 2005. 86 p.

Nates-Parra. G. Abejas sin aguijón e iniciativa de polinizadores. V Coloquio de Insectos Sociales IUSSI – Sección Bolivariana. *Libro de Resúmenes,* ed. P. Chacón y M. Chaves. 2005a. 167 p. Universidad del Valle. Facultad de Ciencias. Cali.

Nates-Parra G. Abejas corbiculadas de Colombia. Bogotá: Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia; 2005b. 158 p.

Nates-Parra G, ed. Libro de Memorias I Encuentro Colombiano sobre Abejas Silvestres. Bogotá: Laboratorio de Investigaciones en Abejas, Universidad Nacional de Colombia; 2002. 70 p.

Nates-Parra G, Gómez MI. eds. Libro de Memorias II Encuentro Colombiano sobre Abejas Silvestres. Bogotá: Laboratorio de Investigaciones en Abejas, Universidad Nacional de Colombia; 2004. 156 p.

Nates-Parra G, Parra A. eds. Libro de Memorias III Encuentro Colombiano sobre Abejas Silvestres. Santa Marta: Laboratorio de Investigaciones en Abejas, Universidad Nacional de Colombia; 2006. 71 p.

Nates-Parra G, Montoya P. Chamorro F. eds. Memorias IV Encuentro Colombiano sobre Abejas Silvestres Bogotá, 2008 http://www.ciencias.unal.edu.co/unciencias/data-file/user_21/Memorias_IV%20Encuentro%20Colombiano%20Sobre%20Abejas%20Silvestres.pdf. En: Acta Biol Colomb. 2009;14(2):175-188.

Nates-Parra G, ed. Memorias V Encuentro Colombiano sobre Abejas Silvestres. Medellín: Laboratorio de Investigaciones en Abejas, Universidad Nacional de Colombia; 2010. En Libro de Resúmenes III Congreso Colombiano de Zoología, Medellín. 334p.

Nates-Parra G, Chamorro F, Henao M, Montoya P. eds. Memorias VI Encuentro Colombiano sobre Abejas Silvestres. Bogotá: Laboratorio de Investigaciones en Abejas, Universidad Nacional de Colombia; 2012. 62p

Nates-Parra G, ed. Libro de resúmenes VII Encuentro Colombiano sobre Abejas Silvestres. Cartagena de Indias: Laboratorio de Investigaciones en Abejas, Universidad Nacional de Colombia; 2014. En libro de resúmenes IV Congreso Colombiano de Zoología, Cartagena de Indias, 2015. 877p. http://www.congresocolombianozoologia.org/docs/IVCCZ_Libro%20res%C3%BAmenes%20ISSN.pdf

Nates-Parra G, Rosso-Londoño JM. Diversidad de abejas sin aguijón (Hymenoptera : Meliponini) usadas en Meliponicultura en Colombia. Acta biol Colomb. 2013;18(3):415-426.

Pinilla MS, Aguilar ML. Efecto del ambiente de cría en la longevidad de obreras y desarrollo de colonias de *Bombus atratus* (Hymenoptera: Apidae) Acta biol. Colomb. 2016;21(1):73-80.

Pinilla MS, Nates-Parra G. Diversidad de visitantes y aproximación al uso de nidos trampa para *Xylocopa* (Hymenoptera: Apidae) en una zona productora de pasifloras en Colombia. Actual Biol. 2015a;37(103):143-153.

Pinilla MS, Nates Parra G. Visitantes florales y polinizadores en poblaciones silvestres de agraz (*Vaccinium meridionale*) del bosque andino colombiano. Rev Colomb Entomol. 2015b;41(1):112-119.

Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible. Política Nacional para la Gestión Integral de las Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos (PNGIBSE). Bogotá. Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible; 2012. 124 p Disponible en: http://www.portalces.org/sites/default/files/migrated/docs/PNGIBSE_espanol.pdf

Rodríguez A. Requerimientos y valor económico del servicio de polinización prestado por abejas en dos frutales promisorios colombianos (chamba, *Campomanesia lineatif*olia Ruiz y Pav y cholupa, *Passiflora maliformis* L.) (tesis de maestría). Bogotá: Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia; 2014. 105 p.

Rodríguez A, Chamorro FJ, Calderón L, Pinilla MS., Henao M, Ospina R, Nates-Parra G. Polinización por abejas en cultivos promisorios de Colombia: Agraz (*Vaccinium meridionale*), Chamba (*Campomanesia lineatifolia*), Cholupa (*Passiflora maliformis*). Bogotá: Laboratorio de Investigaciones en Abejas, Universidad Nacional de Colombia; 2015. 145 p.

Rosso JM. Proyecto Abejas Nativas en la Hacienda Agroecológica El Paraíso, Cimitarra, Santander (informe técnico marzo a agosto de 2015). Bogotá: Rosso JM; 2015. 31 p.

Rosso-Londoño JM. Diagnóstico para el aprovechamiento y manejo integrado de abejas silvestres en agroecosistemas andinos en el Valle del Cauca [Trabajo de grado]. Bogotá: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional de Colombia; 2003. 177 p.

Rosso-Londoño JM. Insetos, meliponicultura e diversidade biocultural (tese de doutorado). Ribeirão Preto: Faculdade de Filosofia, Ciências y Letras, Universidade de São Paulo; 2013. 168 p.

Rosso-Londoño JM, Estrada WG. In the land of the river-mirrors: dialogues about “bee-cultural” diversity. Langscape. 2015; 4:23-28.

Rosso-Londoño JM, Parra A. Cría y manejo de abejas nativas asociadas a producción de miel y buenas prácticas apícolas con la empresa de Biocomercio APISVA –Vaupés (Informe final de consultoría). Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt; 2008. 14p.

ANEXO I. Participantes en el Taller de Formulación del Plan de Acción de ICPA

Instituciones:

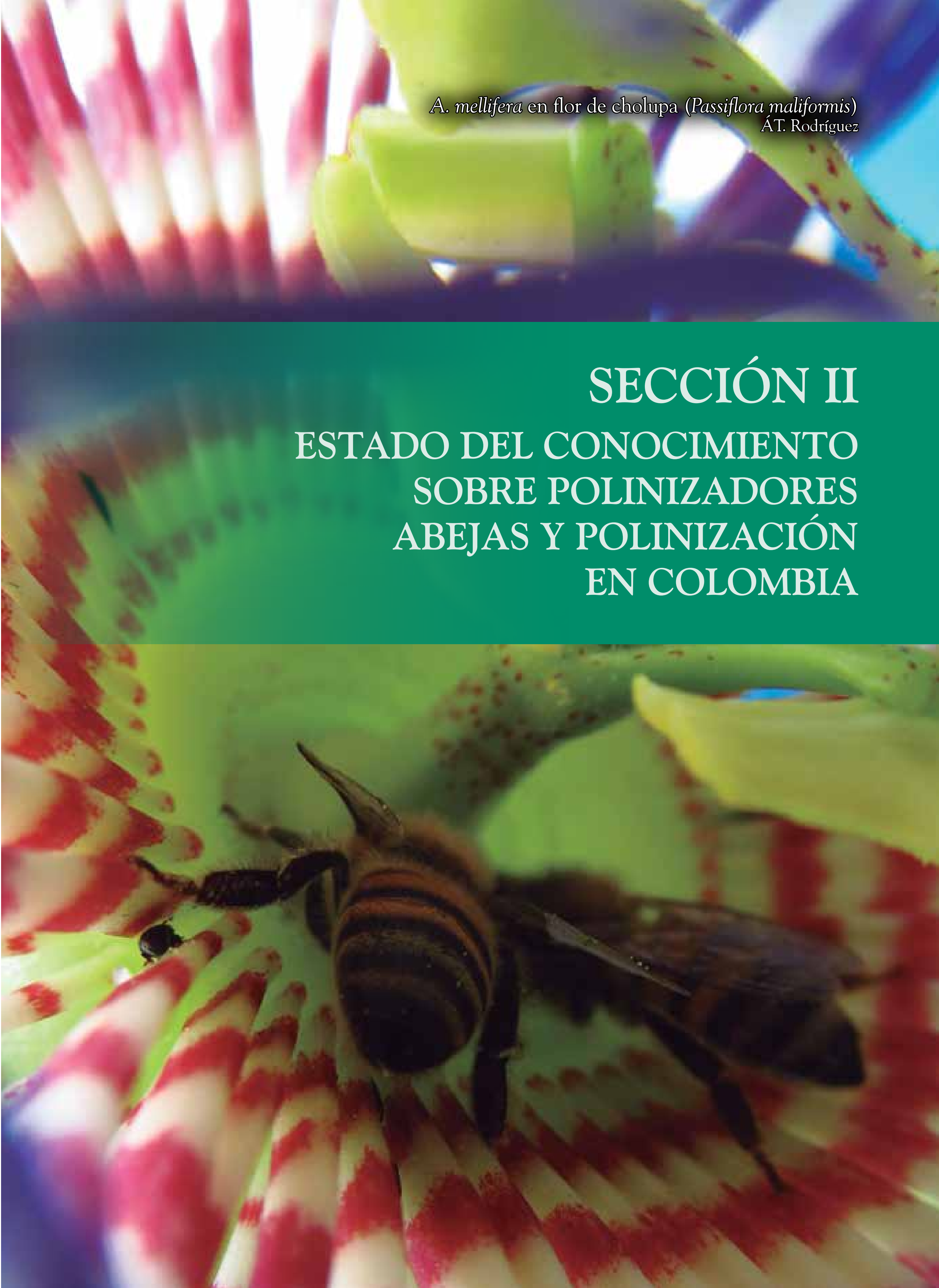
- Asociaciones de Apicultores (Asoapicom, Asoapibe, Apisierra, Asoapiboy)
- Cadenas productivas (Abejas y apicultura, Hortifrutícola, Hierbas aromáticas y condimentos)
- Corpoica
- Instituto Alexander von Humboldt
- Ministerio de Agricultura y desarrollo Rural (Madr)
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo (Mad)
- Universidad Militar Nueva Granada
- Universidad de los Andes
- Universidad de Reading
- Universidad Jorge Tadeo Lozano
- Universidad Nacional de Colombia
- Universidad Pedagógica y Tecnológica de Tunja

Conferencistas Invitados

- Brigitte L. G. Baptiste. Subdirectora Científica del IAvH
- Marisol Amaya Márquez. Prof. Instituto de Ciencias Naturales Universidad Nacional de Colombia
- María Argenis Bonilla Prof. Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia
- Marina Pimentel Landeiro. Gerente del Proyecto Gef de polinizadores en Brasil

Otros Participantes

Jorge Becerra, Katherine Barragán, Eivar Castillo, Luz Adriana Moreno, Mónica Cuervo, Paula M. Montoya, Susana Peláez, Víctor M. Solarte., Ángela Teresa Rodríguez, Catalina Ángel, Diego A. Riaño, Guillermo Lara, Juan David Gómez, Liliana Bravo, Liliana Rosero, Marlene Lucia Aguilar Benavides, Guiomar Nates-Parra, Diana Obregón, Edith Teresa Maldonado, Germán Rodríguez, Jessica Arango, Jorge Tello, Liliana Guzmán, Rodrigo Vásquez, Rodulfo Ospina, Sebastián Restrepo, Yezid Luis,,-Carlos Alberto Hernández, Daniela León, Diego Carrizosa, Doris J. Ascencio, Fermín J. Chamorro, Humberto Piñeros, Juan Manuel Rosso, María Catalina Giraldo, Mónica Cepeda, Nedy Ramírez y Ramón Galvis



A. mellifera en flor de cholupa (*Passiflora maliformis*)
ÁT. Rodríguez

SECCIÓN II

ESTADO DEL CONOCIMIENTO SOBRE POLINIZADORES ABEJAS Y POLINIZACIÓN EN COLOMBIA

CAPÍTULO 6

Apis mellifera COMO POLINIZADOR DE CULTIVOS EN COLOMBIA

Paula María Montoya-Pfeiffer[1] cPh.D., Daniela León[1] M. Sc., Fermín Chamorro[1] M. Sc., Guiomar Nates-Parra[2] M. Sc.
[1]Laboratorio de investigaciones en abejas (LABUN), Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá.
[2]Profesora Titular, Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá
paulammpfeiffer@gmail.com, daleonb@unal.edu.co, ferminchamorro@gmail.com, mgnatesp@unal.edu.co

Apis mellifera (abeja melífera, abeja común) es la especie más ampliamente utilizada por el ser humano a nivel mundial. Los primeros registros de su domesticación se remontan a 3000 AC en el antiguo Egipto y desde entonces, esta relación se ha mantenido y mejorado a través de diferentes civilizaciones (Crane, 1975). Aunque son originarias del antiguo continente, hoy en día se encuentran en casi todos los lugares del planeta, pues los humanos las han llevado consigo a medida que se han dispersado por diferentes regiones.

A pesar de que *Apis* es un género de abejas muy estudiado, no hay mucha claridad en la definición taxonómica de las especies. Los nombres asociados a las diferentes especies varían, desde cuatro hasta 24; Engel (1999) reconoce tres subgéneros vivientes y siete especies (Tabla 6. 1).

Tabla 6.1. Subgéneros y especies de abejas del género Apis (Engel, 1999).

Género	Subgénero	Especie	Nombre común	Distribución geográfica
Apis	Apis	A. *mellifera* Linnaeus	Abeja de miel occidental.	Mundial.
		A. *nigrocincta* Smith	Abeja de miel de Sulawesi.	Islas Célebes.
		A. *cerana* Fabricius	Abeja de miel asiática.	Corea, China, Irán, Japón, India, Tailandia.
		A. *koschevnikoi* Enderlein	Abeja de miel de Borneo (Sundaland).	Sureste Asiático: Península Malasia, Borneo, Java, Sumatra.

Género	Subgénero	Especie	Nombre común	Distribución geográfica
	Megapis	A. *dorsata* Fabricius	Abeja de miel gigante.	I. Célebes, Filipinas, Sur de Asia, Regiones altas de la India.
	Micrapis	A. *florea Fabricius*	Abeja de miel roja enana.	China, Indonesia, Irán, Irak, Pakistán.
		A. *andreniformis Smith*	Abeja de miel negra enana.	China: provincia de Yunnan, Malasia, Vietnam. India: Nepal.

A partir del siglo XVI, junto con los colonizadores españoles llegaron a Sur América varias subespecies europeas de *Apis mellifera*: *A. m. ligustica* (abejas italianas), *A. m. mellifera* (abejas alemanas), *A. m. carnica* (abejas carniolas) y *A. m. caucasica* (abeja caucasiana) (Engel, 1999). Hacia 1956 se introdujo en Brasil la subespecie africana A. *mellifera scutellata* con el fin de crear un hibrido más productivo y adaptable a las condiciones de los ambientes tropicales, conocido hoy como abeja africanizada (Gonçalves *et al.*, 1974). Para la década de los 80's esta abeja ya se encontraba habitando las distintas regiones de Latinoamérica. En aquel entonces, su comportamiento más defensivo -en comparación con las subespecies europeas-, provocó el rechazo por parte de la comunidad y la deserción masiva de los apicultores (Winston, 1992). Tanto en Brasil como en todos los países donde este hibrido hizo su aparición se iniciaron campañas orientadas a divulgar la biología y comportamiento de la abeja africanizada, así como las técnicas apropiadas para su manejo (Wiese, 1993; Mantilla, 1997; Couto, y Couto, 2002; Sanford, 2005). Se generaron programas de mejoramiento genético, dirigidos principalmente, al conocimiento de su estructura genética, a su comportamiento defensivo y su resistencia a enfermedades (Gonçalvez, 1970; Gonçalvez, 1974; Rinderer *et al.*, 1993; Hunt, 2007; Collet *et al.*, 2006; Francoy *et al.*, 2009; Gramacho y Gonçalves, 2009; Tello *et al.*, 2012; Galindo-Cardona *et al.*, 2013).

El uso de A. *mellifera* en el mundo está destinado principalmente a la producción de miel y en menor medida productos como polen, propóleo, jalea real o cera entre otros. La renta de colmenas para polinización de cultivos es otra forma de uso ampliamente establecida en varios países del mundo (Corbet *et al.*, 1991; Williams, 1994; Richards y Kevan, 2002; Imperatriz-Fonseca *et al.*, 2006; Garibaldi *et al.*, 2013), donde el alquiler de colmenas para los agricultores es un sistema muy común. En los países latinoamericanos (exceptuando a Brasil), la explotación de *Apis mellifera* se centra principalmente en la obtención y comercialización de miel y polen, dándole menor importancia a la polinización de cultivos y de flora silvestre.

Sin embargo, es por todos conocido que las abejas melíferas están enfrentando una crisis llamada el Desorden del Colapso de las Colonias (CCD por sus siglas en inglés), que ha ocasionado la pérdida de miles de colmenas (Van Engelsdorp *et al*., 2008). Entre el 50 y el 60% de las colonias en los Estados Unidos y entre el 5 y 10% en todo el mundo se han perdido (Ratia, 2010) afectando directamente los servicios de polinización (Kevan y Viana, 2003). Después de varios años de investigación, se sospecha que son varias las causas que están generando este colapso. Como por ejemplo: deforestación, uso indiscriminado de agroquímicos, enfermedades causadas por parásitos y diversos patógenos (Benjamin y McCallum, 2008; Kaplan, 2012). Ante la disminución de *A.mellifera*, la silenciosa labor de los polinizadores silvestres, no manejados, está ganando terreno, aunque, también, los mismos factores que afectan a *A. mellifera*, y otros más, los afecta: la agricultura extensiva, la pérdida de su hábitat y la propagación de enfermedades y parásitos (Kevan y Viana, 2003; Benjamin y McCallum, 2008; Van Engelsdorp *et al.*,2008; Lundin *et al.*, 2015; Goulson *et al.*, 2015).

A. mellifera siempre se ha considerado el principal polinizador de plantas agrícolas (Free, 1993; Williams, 1994; Roubik, 1995). En los Estados Unidos se estima que el valor de la polinización por *A. mellifera* es alrededor de USD 20 billones (Calderone, 2012), en Canadá, se calcula entre CAD 413 millones – 1,12 billones (Winston y Scott, 1984) y en Europa, este valor es de aproximadamente €4.25 billones, mientras que la polinización por otros taxones se calcula en €0.75 billones (Borneck y Merle, 1989). Sin embargo, recientemente diversos autores han mostrado que las abejas silvestres son los principales polinizadores de plantas silvestres y cultivadas (Kremen, 2005; Ollerton *et al.*, 2012), y que además la actividad polinizadora conjunta de abejas silvestres y *A. mellifera* incrementa la producción de frutales (Garibaldi *et al.*, 2013).

En el país se han realizado algunos estudios específicos sobre polinización de algunos frutales importantes con *A. mellifera.* A continuación se presenta una síntesis de tales trabajos.

Aguacate (*Persea americana*): Vásquez *et al.* (2011) utilizaron la polinización dirigida con *A.mellifera* en cuatro variedades de aguacate en el municipio de Fresno, Tolima. Incorporaron un promedio de 3,6 colmenas por hectárea de cultivo, encontraron aumentos en la producción entre 21% y 96%, aunque también disminución de peso y grados Brix de los frutos. La producción fue mayor en árboles ubicados a menos de 100m de distancia del apiario.

Agraz (*Vaccinium meridionale*): Chamorro (2014) realizó un trabajo de polinización con *A. mellifera* en áreas silvestres dominadas por agraz en varios municipios de Boyacá y Cundinamarca. Los resultados de este trabajo demuestran que aunque esta planta es auto-compatible, la polinización cruzada realizada por abejas contribuye a aumentar la retención de frutos. Pinilla-Gallego y Nates-Parra (2015) encontraron que los polinizadores más eficientes son abejas del género *Bombus* por ser las que transportan la mayor cantidad de polen. No obstante, *A. mellifera* al ser el visitante más frecuente, también

resultó ser un buen polinizador especialmente en áreas donde sus polinizadores naturales están ausentes. Resultados de estos trabajos también se presentan en Chamorro y Nates-Parra (2015) y Rodríguez-C. *et al.* (2015).

Café (*Coffea arabica*): Jaramillo (2012) realizó un estudio de polinización en cultivos de Ciudad Bolívar y Venecia (Antioquia). Encontró que la producción y calidad de los frutos se beneficiaban de la polinización cruzada aun cuando existe autopolinización, y que dentro de la diversidad de visitantes florales, *A. mellifera* fue uno de los más importantes. En cultivos de Cundinamarca, Cepeda-Valencia *et al.* (2014) encontraron que la riqueza de visitantes florales se relaciona positivamente con la riqueza de especies vegetales y la cercanía de fragmentos de bosque, mientras que la relación es negativa con la densidad de café.

Chamba (*Campomanesia lineatifolia*): los resultados del estudio llevado a cabo por Rodríguez C. *et al.* (2015)   en árboles existentes en diferentes fincas de Miraflores, Boyacá, demostraron que *A. mellifera* es el visitante más frecuente con el 40,5% de las visitas, y que su valor de importancia como polinizador, calculado según el comportamiento en la flores, la cantidad de polen que transporta, el contacto con las partes reproductivas y la frecuencia de visitas, es cercano a 65%.

Cholupa (*Passiflora maliformis*): A pesar de que los polinizadores más importantes de esta especie corresponden a abejas de gran porte (géneros *Xylocopa, Centris, Epicharis* y *Eulaema*), Rodríguez-C. *et al.* (2015) encontraron que *A. mellifera* es responsable por el 86,1% de las visitas en cultivos en el departamento del Huila y que por tanto resulta ser un polinizador importante de este frutal puesto que eventualmente logra transferir polen aunque no tenga contacto directo con las partes reproductivas de las flores.

Curuba (*Passiflora tripartita var. mollissima*): Son pocos los trabajos sobre polinización en este frutal. En Nariño, Mosquera (1994) estudió el efecto de la polinización inducida con *A. mellifera* sobre la calidad del fruto. Tello (2005) aplicó la técnica de inducción para lograr incremento en la calidad de los frutos mediante la polinización de curuba con abeja africanizada. Jaramillo-Silva *et al.* (datos. no publ.) estudiaron la biología floral y los polinizadores de la curuba en cultivos de Nuevo Colón, Boyacá. Los resultados de este trabajo demuestran que ante la ausencia del polinizador natural de esta especie (*Ensifera ensifera*), *A. mellifera* es el visitante más frecuente y contribuye con cerca del 42% de la producción de frutos.

Fresa (*Fragaria chiloensis*): Vásquez *et al.* (2006a, b) realizaron un trabajo de polinización dirigida con cuatro colmenas en un cultivo de 0,24 hectáreas en Soacha, Cundinamarca. La producción de frutos aumentó en 61%, y las características de calidad (peso, tamaño, grados Brix) también aumentaron aunque no de manera significativa. El beneficio económico esperado fue aproximadamente 500%. En cultivos de la Sabana de Bogotá, Vásquez *et al.* (2011) registraron aumentos entre 40% y 68% en la producción de frutos por planta, al incluir 1,6 colmenas por hectárea. El peso, diámetro y resistencia de los frutos fueron mayores en plantas más cercanas a los apiarios.

Granadilla (*Passiflora ligularis*): Aun cuando esta especie es polinizada principalmente por abejorros de los géneros *Xylocopa* y *Epicharis, A. mellifera* también contribuye con la polinización de esta especie gracias a su mayor frecuencia de visitas y también porque alcanza a tener contacto con las partes reproductivas de las flores (Girón, 1990).

Gulupa (*Passiflora edulis* f. *edulis*): A pesar de que *A. mellifera* no alcanza a tener un contacto directo con las anteras y estigmas de las flores debido a su mediano porte, su alta frecuencia de visitas permite que esta abeja sea un buen polinizador, especialmente en áreas más altas donde sus polinizadores naturales y más eficientes se encuentran ausentes (i.e. abejorros de los géneros *Xylocopa* y *Epicharis*). Medina-Gutiérrez *et al.* (2012) demostraron que *A. mellifera* generó 53% de la formación de frutos aunque con un número de semillas significativamente menor, en cultivos de Buena Vista, Boyacá.

Mango (*Mangifera indica*): Vásquez *et al.* (2011) encontraron aumento del 35% incorporando 3,5 colmenas por hectárea de cultivo en la región del Tequendama, Cundinamarca y 69% con 1,6 colmenas por hectárea en municipios del piedemonte del Tolima. El peso de los frutos aumentó en 4,1% al contar con colmenas a menos de 100m de distancia del cultivo.

Manzana (*Malus* sp. cv Anna): Botero-G y Morales-S (2000) estudiaron la diversidad de visitantes florales en un cultivo de manzana *Malus* sp. cv Anna en el Carmen de Viboral, Antioquia y encontraron que *A. mellifera* realizaba el 76% de las visitas. Encontraron además que las flores expuestas a polinización abierta produjeron más frutos de mayor peso y número de semillas.

Mora (*Rubus glaucus*): Botero-G y Morales-S (1995) estudiaron el comportamiento de las abejas durante las visitas florales en un cultivo de mora en el Retiro, Antioquia, y estimaron que dos colmenas (~30000 obreras cada una) serían suficientes para polinizar una hectárea de cultivo. Santana-F (2000) estudio la biología floral de la mora y determinó la importancia de las abejas en la formación de frutos bien formados. Vásquez *et al.*, (2006a) reporta aumentos del 98,9% en la producción de frutos, además de aumentos no significativos en peso, tamaño, grados Brix y color de los frutos, en un cultivo de Silvania, Cundinamarca, después de introducir 3 colmenas en un cultivo de 0,64 hectáreas. Con estos resultados se estimó un aumento en las utilidades de aproximadamente 300%. Vásquez *et al.*(2011) registraron aumento de 41,9% en la producción de frutos con 1,6 colmenas por hectárea de cultivo, así como también aumento en tamaño de frutos en plantas más cercanas a los apiarios, en municipios del Tolima y Cundinamarca.

Naranja (*Citrus sinensis*): León-Ruiz y Moreno-Sepúlveda (2006) realizaron un trabajo de polinización dirigida en Sasaima, Cundinamarca, incluyendo cuatro colmenas en un cultivo de 32 hectáreas (260 árboles/ha). Encontraron aumentos de 13,6% y 75% en la producción de frutos de las variedades Ombligona y Valencia respectivamente, además de aumentos en varias características de calidad, tales como, peso, tamaño e intensidad de color. Estas diferencias resultaron en un beneficio económico calculado

en más de COP$10.000.000. En cultivos de Villavicencio y Pompeya, Meta, Vásquez *et al.*(2011) encontraron aumentos en la producción de frutos de 17% y 26% al incorporar 0,5 y 1,6 colmenas por hectárea de cultivo, respectivamente. En cuanto a calidad fisico-química, se observó un aumento de 6% en peso, 11% en cantidad de jugo y 9% en grados Brix al contar con apiarios en distancias menores a 200m del cultivo. Castañeda *et al.*, (2012) reporta resultados similares para los mismos municipios del Meta.

Pepino cohombro (*Cucumis sativus*): Mosquera (1989) describió la actividad de forrajeo de *A. mellifera* y la producción y calidad de los frutos en un cultivo de invernadero en Pasto-Nariño y concluye que una colmena podría ser suficiente para polinizar todas las flores presentes en una hectárea de cultivo (i.e.~180.000 flores/ha).

Pitaya (*Selenicereus megalantus*): las flores de esta especie son auto-compatibles y poseen adaptaciones para polinización por animales nocturnos (murciélagos y polillas de grande porte). No obstante, Weiss *et al.* (1994) en su trabajo sobre biología reproductiva y requerimientos de polinización de cactus trepadores o "pitahayas", encontraron en un cultivo del país que los visitantes exclusivos fueron abejas *A. mellifera* y generaron aumentos en la cantidad y peso de los frutos superiores a 20%.

Uchuva (*Physalis peruviana*): Mosquera (2002) estudió la polinización de la uchuva en un cultivo ubicado en Pasto, Nariño. Encontró que *A. mellifera* era el visitante floral más frecuente y que una colmena con por lo menos 10000 abejas sería necesaria para polinizar una hectárea de cultivo con una densidad de siembra de 2500 plantas/ha. En el municipio de Tena, Cundinamarca, Chautá-Mellizo *et al.* (2012) demostraron que la polinización por *A. mellifera* y otras abejas incrementa el tamaño de los frutos y la producción y fertilidad de las semillas. La tasa de crecimiento y la resistencia a herbivoría también aumenta con la polinización cruzada.

Además de las plantas mencionadas anteriormente, en las Tablas 6. 2 y 6. 3 se anotan otros frutales, hortalizas y plantas aromáticas cultivados en Colombia, que son polinizados por *A. mellifera* en otros países. Se estima que alrededor del 58% de las frutas y el 86% hortalizas y aromáticas podrían ser potencialmente polinizadas por *A. mellifera*. Esta proporción podría ser mayor si se tuvieran en cuenta otros tipos de cultivos como por ejemplo plantas medicinales, estimulantes, maderables, fibras, semillas, forrajes, y otras especies promisorias de las cuales se desconocen sus requerimientos de polinización.

Tabla 6.2. Especies frutales cultivadas en Colombia con información sobre el servicio de polinización que presta *Apis mellifera*.

Nombre común	Nombre científico	Tipo de registro			Referencia
		Visita	Poliniza	No poliniza	
Agraz	*Vaccinium meridionale*		X		(Chamorro y Nates-Parra, 2015).

Nombre común	Nombre científico	Tipo de registro			Referencia
		Visita	Poliniza	No poliniza	
Aguacate	*Persea americana*		X		(Vásquez *et al*., 2011).
Anón	*Annona squamosa*			X	(Roubik, 1995).
Arazá	*Eugenia stipitata*	X			(Ariza, 2000).
Banano, plátano	*Musa spp.*		X		(Ortiz y Crouch, 1997).
Borojó	*Borojoa patinoi*	X			(Vásquez *et al*., 2011).
Breva	*Ficus carica*			X	(Roubik, 1995).
Café	*Coffea arabica*		X		(Jaramillo, 2012).
Cereza	*Prunus serotina*		X		(Forbes, 1969)
Chamba	*Campomanesia lineatifolia*		X		(Rodríguez C. *et al*. 2015).
Chirimoya	*Annona cherimola*			X	(Roubik, 1995).
Chontaduro	*Bactris gasipaes*			X	(Roubik, 1995).
Ciruela calentana	*Spondias purpurea*		X		(Roubik, 1995).
Ciruela chilena	*Prunus domestica*		X		(Roubik, 1995).
Cítricos	*Citrus spp.*		X		(Roubik, 1995; Castañeda *et al*., 2012; Vásquez *et al*., 2011).
Coco	*Cocos nucifera*		X		(Meléndez-Ramírez *et al*., 2004).
Curuba	*Passiflora tripartita var. mollissima*		X		(Jaramillo-Silva *et al*., datos no publ.).
Datil	*Phoenix dactylifera*	X			(Roubik, 1995; Vásquez *et al*., 2011).
Durazno	*Prunus persica*		X		(Anónimo, 2010).
Feijoa	*Acca sellowiana*		X		(Roubik, 1995).
Frambuesa	*Rubus idaeus*		X		(Free, 1968).
Fresa	*Fragaria chiloensis*		X		(Vásquez *et al*., 2011).
Granadilla	*Passiflora ligularis*		X*		(Girón, 1990).
Guanábana	*Annona muricata*			X	(Roubik, 1995).
Guayaba	*Psidium guajava*		X		(Alves y Freitas, 2007).
Gulupa	*Passiflora edulis f. edulis*		X*		(Medina *et al*., 2012; Nates-Parra *et al*., 2012).
Higo	*Opuntia ficus-indica*		X		(Reyes-Agüero *et al*., 2006).
Lulo	*Solanum quitoense*			X**	(Varela, 2008).
Macadamia	*Macadamia integrifolia*		X		(Roubik, 1995).
Madroño	*Garcinia madruno*	X			(Corral, 1984).

Nombre común	Nombre científico	Tipo de registro			Referencia
		Visita	Poliniza	No poliniza	
Mamoncillo	*Melicoccus bijugatus*		X		(Crane y Balerdi, 2013).
Mango	*Mangifera indica*		X		(Vásquez *et al.*, 2011).
Mangostino	*Garcinia mangostana*	?	?	?	
Manzana	*Malus sp. cv Anna*		X		(Botero G y Morales S, 2000).
Maracuyá	*Passiflora edulis var. flavicarpa*			X**	(Peláez, 2004).
Marañón	*Anacardium occidentale*		X		(Freitas y Paxton, 1996).
Melón	*Cucumis melo*		X		(8J. Tello com. pers.9, 2010).
Mora	*Rubus glaucus*		X		(Vásquez *et al.*, 2011).
Níspero	*Manilkara zapota*		X		(Roubik, 1995).
Noni	*Morinda citrifolia*	X			(Vásquez *et al.*, 2011).
Papaya	*Carica papaya*			X	(Roubik, 1995).
Papayuela	*Carica goudotiana*		X		(Roubik, 1995).
Pera	*Pyrus communis*		X		(Jacquemart *et al.*, 2006).
Piña	*Ananas comosus*			X	(Roubik, 1995).
Pitahaya	*Selenicereus megalanthus*		X		(Weiss *et al.*, 1994).
Pomarroso	*Sysygium jambos*	X			(Giraldo *et al.*, 2011).
Sandia	*Citrullus lanatus*		X		(Anónimo, 2010).
Tamarindo	*Tamarindus indica*		X		(Roubik, 1995).
Tomate de árbol	*Solanum betaceum*	X			(Vásquez *et al.*, 2011).
Totumo	*Crescentia cujete*			X	(Elias y Prance, 1978).
Uchuva	*Physalis peruviana*		X		(Mosquera, 2002; Chautá-Mellizo *et al.*, 2010).
Uva	*Vitis vinífera*		X		(Roubik, 1995).
Zapote	*Quararibea cordata*			X?	(Ghanem y Voigt, 2012; Valois-Cuesta y Ramos-Palacio, 2007).

*A. *mellifera* no es el polinizador más eficiente. ** A. *mellifera* compite con otras especies de polinizadores más eficientes

Tabla 6.3. Especies de hortalizas y aromáticas cultivadas en Colombia con información sobre el servicio de polinización que presta *Apis mellifera*.

Plantas cultivadas	Nombre científico	Tipo de registro			Referencia
		visita	poliniza	no poliniza	
acelga, remolacha	*Beta vulgaris*		X		(Free *et al.*, 1975).
ahuyama	*Cucurbita moschata*		X*		(Canto-Aguilar y Parra-Tabla, 2000).
ají, pimentón	*Capsicum annuum*			X	(Raw, 2000).
ajo	*Allium sativum*		X		(Roubik, 1995).
apio	*Apium graveolens*		X		(Maning, 2006).
arveja	*Pisum sativum*		X		(Maning, 2006).
berenjena	*Solanum melongena*		X		(Amoako y Yeboah-Gyan, 1990).
brócoli, coliflor, col, repollo	*Brassica oleracea*		X		(Roubik, 1995).
calabaza	*Cucurbita máxima*		X*		(Adler y Hazzard, 2009).
calabacín, zuccini	*Cucurbita pepo*		X		(Nepi y Pacini, 1993).
caléndula	*Calendula officinalis*	X			(Vásquez *et al.*, 2011).
cebolla cabezona	*Allium cepa*		X		(Roubik, 1995).
cebolla junca	*Allium fistulosum*		X		(Roubik, 1995).
chachafruto	*Erythrina edulis*		X*		(Bruneau, 1997).
cidra	*Sechium edule*		X*		(Roubik, 1995).
cilantro	*Coriandrum sativum*		X		(Abu-Hammour, 2008).
cimarron	*Eryngium foetidum*	?	?	?	
espárragos	*Asparagus officinalis*		X		(Roubik, 1995).
espinaca	*Spinacia oleracea*		X?		(Roubik, 1995).
garbanzo	*Cicer arietinum*		X		(Roubik, 1995).
haba	*Vicia faba*		X		(Sommerville, 2002).
habichuela	*Phaseolus vulgaris*		X		(Roubik, 1995).
hinojo	*Foeniculum vulgare*		X		(Roubik, 1995).
lechuga	*Lactuca sativa*		X		(Roubik, 1995).
papa	*Solanum tuberosum*			X	(Sepúlveda, 2013).
pepino guiso	*Cyclanthera pedata*		X?		
pepino cohombro	*Cucumis sativus*		X		(Mosquera, 1989).
perejil	*Petroselinum spp.*		X		(Burgett, 1980).
rábano	*Raphanus raphanistrum subsp. sativus*		X		(Roubik, 1995). (Stanton, 1987).

Plantas cultivadas	Nombre científico	Tipo de registro			Referencia
		visita	poliniza	no poliniza	
romero	*Rosmarinus officinalis*		X		(Herrera, 2005).
ruda	*Ruta graveolens*		X		(Ren y Tang, 2012).
té	*Camellia sinensis*		X		(Maning, 2006).
tomate	*Solanum lycopersicum*		X		(Roubik, 1995).
yuca	*Manihot esculenta*		X		(Roubik, 1995).
zanahoria	*Daucus carota*		X		(Roubik, 1995).

*A. *mellifera* no es el polinizador más eficiente

Los trabajos mencionados resaltan la importancia de A. *mellifera* como polinizador de muchas especies vegetales, pero a pesar de eso el establecimiento del servicio de polinización prestado por esta especie de abeja, es todavía una actividad emergente en Colombia. En 2006, Martínez Anzola estimó que tan sólo 0,5% de las colmenas del país estaban siendo utilizadas para polinización. Uno de los factores que impiden el establecimiento de esta actividad es la falta de divulgación y capacitación sobre uso y manejo adecuado de polinizadores, no solamente a los apicultores y agricultores, quienes son los actores directamente involucrados, sino a todos los niveles de la cadena de producción apícola, incluyendo los sectores gubernamental y académico. Igualmente, es importante publicar y hacer conocer por todos los interesados, los trabajos de investigación que sobre polinización con A. *mellifera* y otros insectos, se desarrollen en las universidades y centros de investigación del país.

Con el fin de promover y utilizar de la manera más adecuada las abejas A. *mellifera* en la polinización de cultivos, se identificaron las siguientes prioridades de investigación:

- Si bien se sabe que A. *mellifera* es polinizador eficiente de varias especies cultivadas, también es cierto que para otras de ellas su acción es complementaria con la de las abejas silvestres (Garibaldi *et al.*, 2013), por lo cual es necesario realizar estudios que muestren el grado de complementariedad o competencia entre estos dos grupos de abejas, con el fin de mantener y promover la diversidad de polinizadores mediante un manejo sostenible.

- Las plantas cultivadas de las cuales no se tiene información sobre sus polinizadores deben ser consideradas prioritarias dentro de los lineamientos de investigación de esta iniciativa de polinizadores. De igual manera, se debe realizar una revisión sobre los tipos de cultivos que no fueron incluidos en este documento (i.e. maderables, medicinales, semillas, etc)

- Aún no existen estudios a largo plazo que permitan determinar si la desaparición de colmenas que se está viviendo en muchos países del mundo, también viene ocurriendo en Colombia. Es importante identificar cómo las dinámicas en las diferentes presiones -varia-

ciones climáticas ocasionadas por el calentamiento global, la expansión agrícola, la pérdida de hábitat, introducción y/o propagación de nuevos parásitos y enfermedades, alteraciones en la biología reproductiva de las plantas, etc.- podrían estar afectando las poblaciones de *A. mellifera* a lo largo del tiempo y por ende su eficiencia como polinizador.

- Se deben realizar estudios comparativos y a mayor escala que permitan evaluar si las presiones que afectan a las abejas *A. mellifera*, su eficiencia como polinizadores, su relación con otras especies de abejas o la dependencia de las plantas por los polinizadores varían según las condiciones ambientales y sociales particulares de cada localidad. Dichas variaciones podrían generar requerimientos específicos para cada región, que deben conocerse con el fin de lograr definir planes de manejo más adecuados.

- Dentro de las estrategias para el manejo de *A. mellifera* deben incluirse medidas de seguridad para los habitantes y trabajadores de las áreas cultivadas, dado el comportamiento más defensivo de esta especie. Dichas medidas se relacionan por ejemplo con la selección de genotipos menos agresivos, la distancia y ubicación del apiario dentro del cultivo, adecuación, infraestructura, implementos a ser utilizados, entre otros.

Otras prioridades de investigación generalizadas para las diferentes especies de abejas polinizadoras (p.e. valoración de servicios ambientales, prácticas agrícolas amigables, trabajos de educación y participación comunitaria, entre otras), se describen detalladamente en otros capítulos de esta iniciativa.

REFERENCIAS

Abu-Hammour K. Pollination of Medicinal Plants *Nigella sativa* and *Coriandrum sativum* and *Cucurbita pepo* in Jordan. [Tesis Doctoral]. Bonn University. 2008. 103 p.

Adler LS. Hazzard RV. Comparison of perimeter trap crop varieties: effects on herbivory, pollination, and yield in butternut squash. Environ Entomol. 2009;38(1):207-215. Doi: http://dx.doi.org/10.1603/022.038.0126

Alves JE, Freitas BM. Requerimentos de polinização da goiabeira. Ciência Rural. 2007;37(5):1281-1286.

Amoako J, Yeboah-Gyan K. Insect pollination of three solanaceous vegetable crops in Ghana with special reference to the role of african honey bee (*Apis mellifera adansonii*) for fruit set. Acta Hort (ISHS). 1990;288:255-259.

Ariza A. Biología floral y caracterización morfológica de 6 ecotipos de arazá (*Eugenia stipitata* McVaugh) en el departamento del Caquetá [Tesis Pregrado], Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Agronomía, Bogotá. 2000. 49 p.

Benjamin A, Mccallum B. A World Without Bees, Guardian Books, London. 2008. p. 298.

Borneck R, Merle B. Essaie d'une evaluation de l'incidence économique de l'abeille pollinisatrice dans l'agriculture européenne. Apicata, 1989;24:33-38.

Botero-G N, Morales-S G. Flower visitation patterns of *Apis mellifera* on the Andean blackberry. Rev Colomb Entomol. 1995;21(3):153-157.

Botero-G N, Morales-S G. Producción del manzano (*Malus* sp. cv Anna) en el oriente antioqueño con la abeja melífera, *Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae). Rev Fac Nal Agr Medellín. 2000;53(1):849-862.

Burgett M. Pollination of parsley (*Petroselinum crispum*) grown for seed. J Apic Res. 1980;19(1):79-82.
Bruneau A. Evolution and homology of bird pollination syndromes in *Erythrina* (Leguminosae). Am J Bot. 1997;84(1):54-71.
Calderone NW. Insect pollinated crops, insect pollinators and US agriculture: Trend analysis of aggregate data for the period 1992–2009. PLoS ONE, 2012;7:e37235.
Canto-Aguilar MA, Parra-Tabla V. Importance of conserving alternative pollinators: assessing the pollination efficiency of the squash bee, *Peponapis limitaris* in *Cucurbita moschata* (Cucurbitaceae). J Insect Conserv. 2000;4(3):201-208. Doi:10.1023/A:1009685422587
Castañeda S, Vásquez R, Ballesteros H. Efecto de la polinización dirigida con abejas *Apis mellifera* sobre la cantidad y calidad del fruto en cultivo de naranja *Citrus sinensis.* Vitae. 2012;19(1):S66-S68.
Cepeda-Valencia J, Gómez D, Nicholls C. La estructura importa: abejas visitantes del café y estructura agroecológica principal (EAP) en cafetales. Rev Colomb Entomol, 2014;40(2):241-250.
Couto RH, Couto LA. Apicultura: manejo e produtos. Jaboticabal: FUNEP. 2002. 191p.
Chamorro FJ Influencia de la polinización por abejas sobre la producción y características de frutos y semillas de *Vaccinium meridionale* Sw. (Ericaceae) en los Andes Orientales de Colombia. Tesis de Maestría. Universidad Nacional de Colombia. 2014. 71 p.
Chamorro FJ, Nates-Parra G. Floral and reproductive biology of *Vaccinium meridionale* (Ericaceae) in the Eastern Andes of Colombia. International Journal of Tropical Biology and Conservation, 2015;63(4):1197-1212.
Chautá-Mellizo A, Campbell Sa, Bonilla Ma, Thaler Js, Poveda K. Effects of natural and artificial pollination on fruit and offspring quality. Basic Appl Ecol. 2012;13(6):524–532. Doi: 10.1016/j.baae.2012.08.013
Collet, T; Ferreira, KP; Arias, MC; Soares, AEE; Del Lama, MA Genetic structure of Africanized honey bee populations (*Apis mellifera* L.) from Brazil and Uruguay viewed through mitochondrial DNA COI-COII patterns. Heredity. 2006: 97: 329-335.
Corbet S, Williams I, Osborne J. Bees and the pollination of crops and wild flowers in the European Community. Bee World. 1991;72(2):47-57.
Corral B. Análisis polínico en muestras de miel de abejas en algunas regiones del departamento de Antioquia. Actualidades Biológicas, 1984;13(49):56-66
Crane JH Balerdi CF. Mamoncillo (Genip) Growing in the Florida Home Landscape HS1070. IFAS, University of Florida. 2013. 6 p.
Crane E. History of honey. In CRANE E (ed) Honey, a comprehensive survey. London: William Heinemann, pp. 439-488, 1975.
Elias TS, Prance T. Nectaries on the fruit of *Crescentia* and other Bignoniaceae. Brittonia. 1978; 30(2):175-181.
Engel M. The taxonomy of recent and fossil honey bees (Hymenoptera: Apidae; *Apis*). J Hymenop Res. 1999; 8(2):165-196.
Forbes D. Self and Cross Incompatibility in Black Cherry (*Prunus serotina*) [Tesis Doctoral] University of Florida. 1969. 92 p.
Francoy TM, Wittmann D, Steinhage V , Drauschke M , Müller S, Cunha DR, Nascimento AM, Figueiredo VLC, Simões ZLP , De Jong D, Arias MC, Gonçalves LS. Morphometric and genetic changes in a population of *Apis mellifera* after 34 years of africanization. Genetics and Molecular Research 8 (2): 709-717 (2009)
Free JB. The Foraging Behaviour of Honeybees (*Apis mellifera*) and Bumblebees (*Bombus* spp.) on Blackcurrant (*Ribes nigrum*), Raspberry (*Rubus idaeus*) and Strawberry (*Fragaria× Ananassa*) Flowers. J App Ecol. 1968;5(1):157-168.
Free JB, Williams IH, Longden PC, Johnson MG. Insect pollination of sugar beet (*Beta vulgaris*) seed crops. Annals App Biol. 1975;81(2):127-134. Doi: 10.1111/j.1744-7348.1975.tb00529.x

Free JB. Insect pollination of crops. Second edition. Academic Press, 1993. London, UK
Freitas BM, Paxton RJ. The role of wind and insects in cashew (*Anacardium occidentale*) pollination in NE Brazil. J Agric Sci. 1996;126(3):319-326. Doi: http://dx.doi.org/10.1017/S0021859600074876
Galindo-Cardona A, Acevedo-Gonzalez JP, Rivera-Marchand B, Giray T. Genetic structure of the gentle Africanized honey bee population (gAHB) in Puerto Rico BMC Genetics, 2013. 14:65
Garibaldi L, Steffan-Dewenter I, Winfree R, Aizen M, Bommarco R, Cunningham S, *et al.* Wild Pollinators Enhance Fruit Set of Crops Regardless of Honey Bee Abundance. Science. 2013;339(6127):1608-1611. Doi: 10.1126/science.1230200
Ghanem SJ, Voigt CC. Increasing awareness of Ecosystem Services Provided by Bats. Adv Stud Behav. 2012;44:279-297.
Giraldo C, Rodríguez A, Chamorro F, Obregón D, Montoya P, Ramírez N, *et al.* Guía Ilustrada de Polen y Plantas Nativas Visitadas por Abejas: Cundinamarca, Boyacá, Santander, Sucre, Atlántico y Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia. Universidad Nacional de Colombia. Sede Bogotá. Laboratorio de Investigaciones en Abejas. 2011. 230 p.
Girón M. Biología floral de dos especies de pasifloras. En: Memorias I Congreso Internacional de Passifloras. Palmira, Colombia; 1990. p.89-95.
Gonçalves LS Análise Genética do Cruzamento entre *Apis mellifera ligustica* e *Apis mellifera adansonii*. Escolha e análise genética de caracteres morfológicos da cabeça e do tórax. Doctoral thesis, Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto (1970).
Gonçalves LS, Kerr WE, Netto JC, Stort AC. Some comments on the Final Report of the Committee on the African Honey bee. National Research Council N.A.S. Mimeografiado; 1974. p. 35.
Goulson D, Nicholls E, Botías C, Rotheray EL. Bee declines driven by combined stress from parasites, pesticides, and lack of flowers. Science 2015; 347 (6229). DOI: 10.1126/science.1255957
Gramacho KP, Gonçalves LS. Comparative study of the hygienic behavior of Carniolan and Africanized honey bees directed towards grouped versus isolated dead brood cells. Genet. Mol. Res. 2009; 8 (2): 744-750
Herrera J. Flower size variation in *Rosmarinus officinalis*: individuals, populations and habitats. Ann Bot. 2005;95(3):431-437. Doi: 10.1093/aob/mci041
Hunt GH. Flight and fight. A comparative view of the neurophysiology and genetics of honey bee defensive behavior J Insect Physiol. 2007;53(5):399–410. doi:10.1016/j.jinsphys.2007.01.010
Imperatriz-Fonseca VL, Saraiva AM, De Jong D, editors. Bees as pollinators in Brazil: assessing the status and suggesting best practices. Ribeirão Preto: Holos Editora. 2006; p. 112.
Jacquemart AL, Michotte-Van Der AA A, Raspé O. Compatibility and pollinator efficiency tests on *Pyrus communis* L. cv.'Conference'. J Hortic Sci Biotechnol. 2006; 81(5):827-830.
Jaramillo DA. Efecto de las abejas silvestres en la polinización del café (*Coffea arabica*: Rubiaceae) en tres sistemas de producción en el departamento de Antioquia. [Tesis de maestría]. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias. Medellín. 2012; 82 p.
Jaramillo-Silva JC, Ospina-Torres R, Nates-Parra G. Visitantes y polinizadores de cultivos promisorios: curuba (*Passiflora tripartita var. mollissima*) (Holm-Nielsen y Jørgensen) (1988). Informe final de Joven Investigador Colciencias 2012-2013. 33 p.
Kraus FB, Franck P, Vandame R. Asymmetric introgression of African genes in honeybee populations (*Apis mellifera* L.) in Central Mexico Heredity 2007; 99, 233–240
Kaplan K. Colony Collapse Disorder an Incomplete Puzzle. Agricultural Research 2012; 4-8
Kremen C. Managing ecosystem services: what do we need to know about their ecology?. Ecology letters, 2005; 8(5), 468-479.
Kevan PG, Viana BF. The global decline of pollination services. Biodiversity. 2003;4(4):3-8.

León-Ruiz Y, Moreno-Sepúlveda JC. Evaluación del efecto de la polinización dirigida a cultivos de Naranja (*Citrus sinensis*) "Valencia" y "Ombligona" con el uso de la Abeja *Apis mellifera* en el municipio de Sasaima, Cundinamarca (tesis de pregrado). Universidad de la Salle, Facultad de Zootecnia. Bogotá, Colombia. 2006. 97 p.

Lundin O, Rundlöf M, Smith HG, Fries I, Bommarco R. Neonicotinoid insecticides and their impacts on bees:A systematic review of research approaches and identification of knowledge gaps. PLoS ONE 2015; 10(8):1-20 ; doi:10.1371/journal.pone.0136928

Maning R. Honeybee pollination: technical data for potential honeybee-pollinated crops and orchards in Western Australia. Bulletin 4298. Government of Western Australia. 2006 Disponible en: http://www.agric.wa.gov.au/PC_91801.html?s=1046810658 [Accessed Feb. 12 de 2014]

Mantilla C. Principios de Apicultura africanizada. Universidad Nacional de Colombia. Medellín. 1997. 214 p.

Martínez-Anzola T. Diagnóstico de la actividad apícola y de la crianza de abejas en Colombia (Informe Técnico). Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural – Dirección de Cadenas Productivas. Bogotá. 2006. p. 38.

Medina-Gutierrez J, Ospina-Torres R, Nates-Parra G. Efectos de la variación altitudinal sobre la polinización en cultivos de gulupa (*Passiflora edulis f.edulis*). Acta Biol. Colomb. 2012;17(2):379-394. Doi: http://dx.doi.org/10.15446/abc.v17n2.28141

Meléndez-Ramírez V, Parra-Tabla V, Kevan PG, Ramírez-Morillo I, Harries H, Fernández-Barrera M, *et al.* Mixed mating strategies and pollination by insects and wind in coconut palm (*Cocos nucifera* L, Arecaceae): importance in production and selection. Agric For Entomol. 2004;6(2):155-163. Doi: 10.1111/j.1461-9563.2004.00216.x

Mosquera CA. Polinización forzada con abejas *Apis mellifera* L., del pepino cohombro *Cucumis sativus* L., cultivado hidropónicamente bajo invernadero, en el altiplano de Pasto. Rev Cien Agríc. 1989;11(1 a 8):65-75.

Mosquera CA. Estudio de la antesis en curuba (*Passiflora mollisima* (H.B.K.) Bailey) conducente a la optimización de la calidad del fruto mediante la polinización inducida con abejas (*Apis mellifera* L.). Pasto: Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño. 1994. 170p

Mosquera CA. Polinización entomófila de la uvilla (*Physalis peruviana* L.). Rev Cien Agríc. 2002;19(1 y 2):140-156.

Nates-Parra G, Amaya-Márquez M, Ospina-Torres R, Ángel-Coca C, Medina-Gutiérrez J. Biología floral, reproductiva, polinización y polinizadores en gulupa (*Passiflora edulis* var. *edulis*). In: Melgarejo, L.M., editora. Ecofisiología del cultivo de la gulupa - (*Passiflora edulis* Sims). Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, D.C. 2012. P 115-121.

Nepi M, Pacini E. Pollination, pollen viability and pistil receptivity in *Cucurbita pepo.* Ann Bot. 1993; 72(6): 527-536. Doi: 10.1006/anbo.1993.1141

Ollerton J, Price V, Armbruster WS, Memmott J, Watts S , Waser NM, Totland Ø, Goulson D, Alarcón R, Stout JC, Tarrant S. Overplaying the role of honey bees as pollinators: A comment on Aebi and Neumann (2011). Trends in Ecology and Evolution-1493; No. of Pages 2

Ortiz R, Crouch JH. The Efficiency of Natural and Artificial Pollinators in Plantain (*Musa* spp. AAB group) Hybridization and Seed Production. Ann Bot. 1997;80(5):693-695. Doi: 10.1006/anbo.1997.0488

Peláez JM. Trampas Florales para el control de *Apis mellifera* en Cultivos de Maracuyá (*Passiflora edulis* var. *flavicarpa* Degener). Informe técnico. ASOHOFRUCOL (FNFH) y APROVARI. In: resúmenes II Encuentro Sobre Abejas Silvestres. Bogotá, 2004. 11 p.

Pinilla-Gallego MS, Nates-Parra G. Visitantes florales y polinizadores en poblaciones silvestres de agraz (*Vaccinium meridionale*) del bosque andino colombiano. Revista Colombiana de Entomología, 2015;41(1):112-119.

Ratia, G. Possible factors of colony losses. Their synergism and hierarchy within different biotopes and diverse agricultural/beekeeping practices 2010 http://www.beekeeping.org/articles/us/possible_factors_bee_losses_gilles_ratia.pdf

Raw A. Foraging behaviour of wild bees at hot pepper flowers (*Capsicum annuum*) and its possible influence on cross pollination. Ann Bot. 2000;85(4):487-492. Doi: 10.1006/anbo.1999.1090

Ren MX, Tang JY. Up and down: stamen movements in *Ruta graveolens* (Rutaceae) enhance both outcrossing and delayed selfing. Ann Bot. 2012;110(5):1017-1025. Doi: 10.1093/aob/mcs181

Reyes-Agüero JA, Aguirre JR, Valiente-Banuet A. Reproductive biology of *Opuntia*: A review. J Arid Environ. 2006;64(4):549-585. Doi: 10.1016/j.jaridenv.2005.06.018

Richards KW, Kevan PG. Aspects of bee biodiversity, crop pollination, and conservation in Canada. In: Kevan P., Imperatriz Fonseca V.L. eds. Pollinating Bees, The Conservation Link Between Agriculture and Nature. Ministry of Environment. Brasília; 2002. p.77-94.

Rinderer TE, Rubink BS, Daly WL, Stelzer HV, Riggio JA, Baptista RM. Morphometric identification of Africanized and European honey bees using large reference populations.Apidologie. 1993; 24: 569-585

Rodríguez-C AT, Chamorro FJ, Calderón LV, Pinilla MS, Henao M, Ospina R, Nates-Parra G. Polinización por abejas en cultivos promisorios de Colombia: Agraz (*Vaccinium meridionale*), Chamba (*Campomanesia lineatifolia*) y Cholupa (*Passiflora maliformis*). Universidad Nacional de Colombia. 2015. 145 p.

Roubik DW, editor. Pollination of cultivated plants in the tropics Food & Agriculture Organization of the United Nations. Rome. Vol. 118; 1995. 196 p.

Sanford MT. Beekeeping in Brazil: A Slumbering Giant Awakens," Parts I – IV. *American Bee Journal* (Sep, Dec. 2004 & Jan, Mar 2005), Vols. 144-145. http://apis.shorturl.com

Santana-F GE. Estudio preliminar de biología floral en mora de castilla. Seminario de frutales de clima frio moderado.2000. p.15-17. Manizales (Colombia).

Sepúlveda PA. Diversidad de abejas (Hymenoptera: Apoidea: *Anthophila*) en cultivos de papa (*Solanum tuberosum* L.) y su efecto en la polinización [Tesis Doctoral]. Universidad Nacional de Colombia. Medellín. 2013; p. 105.

Somerville D. Honey bees in faba bean pollination. Agnote DAI-128 -New South Wales Agriculture (Australia). 2002. 4 p.

Stanton ML. Reproductive biology of petal color variants in wild populations of *Raphanus sativus:* I. Pollinator response to color morphs. Amer J Bot, 1987;74(2): 178-187.

Tello J. Empleo de las abejas *Apis mellifera* africanizada en la polinización inducida de la curuba (*Passiflora mollisima*). Memorias I Congreso Internacional de Apicultura, San Cristóbal, Venezuela 2005

Tello JE, Ávila O, Vargas GA, Mayorquín CA, Parrado MF. Mejoramiento genético de abejas *Apis mellifera* africanizadas en Colombia. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia. 2012

Valois-Cuesta YR, Ramos-Palacios YA. Bombacaceae: Composition and Ecology in the permanent plot of research in Biodiversity (PPIB). Rev Instit Univer Tecn Chocó. 2007;26(2):4-8.

Van Engelsdorp D, Hayes JJ, Underwood R, Pettis J. A Survey of Honey Bee Colony Losses in the U.S., Fall 2007 to Spring 2008. PLoS One. 2008;3(12):e4071. Doi: 10.1371/journal.pone.0004071

Varela-Barrios AM. Management and Conservation of Wild Bees for Pollination of Lulo and Other Crops by a Community in the Colombian Andes. En: Mburu J, Gerard L, Gemmill B, Collette L. (2006). Tools for Conservation and Use of Pollination Services. Economic Valuation of Pollination Services: Review of Methods. 43 p. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations - Fao.

Vásquez R, Ballesteros H, Muñoz CA, Cuéllar ME. Utilización de la abeja *Apis mellifera* como agente polinizador en cultivos comerciales de fresa (*Fragaria chiloensis*) y mora (*Rubus glaucus*) y su efecto en la producción. Corpoica. 2006a. 77 p.

Vásquez R, Ballesteros H, Ortegón Y, Castro U. Polinización dirigida con *Apis mellifera* en un cultivo comercial de fresa (*Fragaria chiloensis*). Revista Corpoica. 2006b;7(1):50–53.

Vásquez R, Ballesteros H, Castañeda S, Riveros L, Ortega C, Calvo N. Polinización dirigida con abejas *Apis mellifera*: Tecnología para el mejoramiento de la producción de cultivos con potencial exportador. Bogotá: Corpoica; 2011. 88 p.

Weiss J, Nerd A, Mizrahi Y. Flowering Behavior and Pollination Requirements in Climbing Cacti with Fruit Crop Potential. Hortscience. 1994;29(12):1487–1492.

Wiese H. Nova Apicultura, Guaíba-RS: Agropecuária.1993. 493p.

Williams IH. The dependence of crop production within the European Union on pollination by honey bees. Agric Sci Rev. 1994; 6:229-257.

Winston ML, Scott CD. The value of bee pollination to Canadian apiculture. Canadian Beekeeper, 1984;11:134.

Winston ML. The biology and management of Africanized honey bees. Annual review of entomology. 1992;37(1):173-193.

CAPÍTULO 7

ABEJAS SIN AGUIJÓN (Tribu Meliponini)

Guiomar Nates Parra[1] M. Sc, Juan Manuel Rosso Londoño[12] Ph.D.
[1] Laboratorio Investigaciones en Abejas (LABUN) Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia.
[2] Proyecto Abejas Nativas - Reserva Natural Hacienda Agroecológica El Paraíso
mgnatesp@unal.edu.co, jmrossol@yahoo.com

La tribu Meliponini agrupa todas aquellas abejas conocidas como "abejas sin aguijón", las cuales se encuentran en las áreas tropicales y subtropicales del mundo (Roubik, 1989).

Se caracterizan principalmente por tener su aguijón reducido, alas con venación débil o reducida y ojos desnudos. Construyen nidos muy característicos para albergar su cría, con entradas generalmente conspicuas, como tubos de cera, las cuales, en algunos casos, sirven para identificar especies.

En Colombia hay 14 géneros y 9 subgéneros con aproximadamente 120 especies identificadas hasta ahora, conocidas por nombres tales como "angelitas", "alá", "perreras", "candela", "guare", y otros que varían según la región del país (Nates-Parra, 1983; Parra, 1984; Nates-Parra, 1990; Nates-Parra *et al.*, 2009; Nates-Parra y Rosso-Londoño, 2013). Se encuentran desde el nivel del mar hasta los 3.400 m de altura, notándose su preferencia por los bosques secos y húmedos tropicales y bosques muy húmedos premontanos (Nates-Parra 1985).

Para las abejas sin aguijón (Meliponini) se han hecho inventarios, claves a nivel de género y estudios sobre biología (Vergara y Villa, 1981; Vergara y Pinto, 1981; Devia y Moreno, 1982; Nates-Parra y Cepeda, 1983; Vergara *et al.*, 1987; Nates-Parra *et al.*, 1989; Nates-Parra y Roubik, 1990; Nates-Parra, 1995; Nates-Parra, 1996; Nates-Parra *et al.*, 1999; González-B. y Nates-Parra, 1999; González-B, 2000; Hernández, 2000;González-B. y Nates-Parra, 2004; Nates-Parra *et al.*, 2006, Hernández *et al.*, 2007; Nates-Parra *et al.*, 2008, Fernández *et al.*, 2010). Otros trabajos son los de Parra (1984; 1990; 1991) con el censo de los Meliponinos del Valle del Cauca, los inventarios realizados en algunos lugares de Antioquia (Vásquez y Correa, 1976; Peinado y Tarazona, 1982; Ortiz y Arango, 1985; Smith-Pardo, 1999; Smith y González, 2007), y en Casanare (Wilchez *et al.*, 2009). Para géneros específicos como *Duckeola*, *Melipona*, *Trigona* (subgénero *Trigona*), *Oxytrigona, Parapartamona, Paratrigona* se conocen las especies que hay en el país, su distribución geográfica y algunos aspectos de su biología básica (Nates-Parra, 1995; González y Nates-Parra, 1999; Nates-Parra *et al.*, 1999; González y Nates-Parra, 2004; González y Roubik, 2008; González y Vélez, 2007, Hernández, 2000), pero todavía es mucho lo que falta por investigar. Las especies de meliponinos descritas recientemente

para el país, muestran una riqueza de abejas sin aguijón en aumento (Camargo y Roubik, 2005; Camargo y Pedro 2013; González y Vélez, 2007; González y Roubik, 2008; González y Griswold, 2012; González y Engel 2012).

ABEJAS NATIVAS Y NATIVOS

En crónicas y documentos históricos se encuentran referencias y descripciones de las abejas sin aguijón en el Nuevo Mundo. Juan de Castellanos en su libro "Elegías de varones ilustres de Indias" (1589 a 1601) cuenta sobre [...] *abejas grandes, mansas y tan buenas, que carecen de aquellos aguijones, que lastiman y causan hinchazones* (Castellanos, 1852).

Así también se menciona el uso y recolección de la miel o del cerumen por parte de indígenas y criollos.

En carta a la reina Isabel La Católica en 1529, Pedro de Espinosa relata: [...] *Tienen (los indios) en sus casas y a la redonda de ellas muchas colmenas de que sacan muy excelente miel; las abejas son muy pequeñas y prietas y no saben hacer mal; la cera no es muy buena porque no [la] saben sacar y es prieta; la miel es muy blanca, muy clara y muy delgada…* (Samper-Pizano, 2003).

Una leyenda recopilada por Montaña (1970) habla sobre el origen mítico de las abejas sin aguijón en las inmediaciones del lago de Tota (departamento de Boyacá). Muiscas, taironas, indios del Orinoco y del Amazonas también utilizaban la miel en alimentación y en algunos casos las cultivaban alrededor de sus casas (Gumilla 1741; Simón, 1892; Acuña, 1986; Patiño 1992). Se cree se trataba de abejas sin aguijón puesto que la introducción de abejas melíferas (con aguijón) solamente se realizó después de la llegada de los españoles.

Diversos pueblos americanos han hecho uso de las abejas sin aguijón y sus productos, utilizados como alimento y medicina, o en diferentes aspectos de la cultura material como la fabricación de utensilios y la ornamentación ceremonial. Además de la recolección y aprovechamiento de colonias silvestres, algunos pueblos aborígenes desarrollaron técnicas avanzadas para la cría de meliponinos: los antiguos mayas en la Península de Yucatán (México) cultivaban intensamente la especie *Melipona beecheii* y comercializaban sus productos (Quezada-Euan, 2005; González-Acereto, 2012). Aunque en América del Sur la meliponicultura (cría de estas abejas) no alcanzó el mismo desarrollo que en el sur de México, existen referencias sobre la cría de abejas sin aguijón en menor escala por parte de pueblos indígenas que habitaron el territorio de lo que hoy es Colombia y Venezuela (Rivero-Oramas, 1972; Patiño, 1992).

En Colombia se tiene conocimiento parcial sobre los conocimientos, significados y especies de abejas utilizadas por pueblos indígenas actuales como los andoke, nukak, uwa y algunas etnias de la familia Tukano Oriental. Los nukak, pueblos de tradición. De acuerdo con Jara (1996), para los andoke la miel es considerada un alimento vegetal y

perteneciente al ámbito femenino, como la yuca y sus productos. Por su parte, las abejas sin aguijón representan, tanto la reproducción masculina basada en la agricultura (dado que el producir su propio alimento les permite formar malocas/colonias autosuficientes), como femenina por el hecho de cuidar y alimentar a sus crías. Falchetti y Nates-Parra, 2002; Santos y Antonini, 2008).

Además de los grupos indígenas, en Colombia poblaciones mestizas y negras, campesinos y colonos, utilizan y se relacionan de diferentes maneras con las abejas sin aguijón, reflejando complejos vínculos entre la diversidad biológica y cultural. Nates-Parra y Rosso-Londoño (2013) registran cerca de 50 nombres comunes utilizados para las abejas sin aguijón, que varían ampliamente entre regiones e informantes, lo cual habla de la riqueza de conocimientos asociados a la biodiversidad.

RELACIONES PLANTA - ABEJAS SIN AGUIJÓN

A pesar de su importancia como polinizadores de la diversidad vegetal, aún son pocos los proyectos e investigaciones en Colombia que se ocupan de las relaciones entre las abejas sin aguijón y plantas silvestres o cultivadas. En el país actualmente se han registrado algunos datos sobre la relación específica de algunos meliponinos con especies vegetales. Alarcón-Jiménez (2010) registró *Trigona nigerrima* (Apidae), y *T. fulviventris* (Apidae) como los principales visitantes y posibles polinizadores de *Turnera subulata* en la reserva natural El Paujil, Boyacá.

Güicon *et al.* (2010) reportaron a *Trigona silvestriana*, *Scaptotrigona* sp., *Tetragonisca angustula*, *Trigona williana*, y dos especies de *Partamona* como los polinizadores más eficientes de la palma *Syagrus orinocensis* (Liliopsida: Arecaceae) en la Orinoquía colombiana. En esta misma región, Núñez-Avellaneda y Carreño (2010) registraron abejas sin aguijón (especies de *Melipona*, *Trigona*, *Scaptotrigona*, *Plebeia*, *Nannotrigona)* como polinizadores del achiote de monte, *Bixa urucurana* Wild (Magnoliopsida: Bixaceae).

Algunos trabajos informan sobre las especies vegetales importantes en el suministro de recursos alimenticios para los meliponinos. Bernal y Ervik (1996) encontraron 20 especies visitando las inflorescencias de *Phytetephas seemannii* (tagua o marfil vegetal) en el pacífico colombiano, observando abejas del género *Partamona* con un comportamiento muy marcado en la recolección de polen. Aguilar Sierra y Smith-Pardo (2009) concluyeron que *Mimosa pigra* es una fuente importante de polen para varias especies de abejas silvestres, especialmente abejas sin aguijón; otras especies vegetales visitadas por estas abejas son M*. pudica, Piper aduncum, Solanum diversifolium* y *Psidium guajava*. Nates-Parra y Rodriguez (2011) determinaron la importancia de las familias Mirtaceae (*Psidium guajava*), Melastomataceae, Fabaceae, Solanaceae (*Solanum jamaicense*), Caesalpinioideae y Euphorbiaceae (*Alchornea* sp.) como fuente de polen para *Melipona eburnea* en el oriente colombiano. Giraldo *et al.* (2011) encontraron que algunas especies como M*. eburnea, M. favosa, T. angustula, T. perangulata* recolectan polen de 58 especies de plantas nativas.

Otras especies vegetales como algunas orquídeas también son polinizadas por abejas sin aguijón (Adams y Lawson 1993; Singer, 2002, Singer *et al.*, 2004). Por medio de análisis palinológicos Obregón y Nates-Parra (2013) determinaron que *Melipona eburnea* visita preferentemente *Eucalyptus globulus* y plantas del género *Myrcia* para obtener polen y néctar; además las plantas nativas fueron las más buscadas por las obreras; de la misma forma se determinó tanto el origen botánico como geográfico de mieles de *Tetragonisca angustula* (Obregón *et al.*, 2013). Otras interacciones entre plantas y Meliponini pueden verse en el anexo I de esta misma publicación.

MELIPONINOS Y POLINIZACIÓN DE CULTIVOS

Las abejas sin aguijón pueden ser utilizadas como polinizadoras de plantas nativas, exóticas, silvestres y cultivadas. Si bien en otros países el uso de meliponinos específicamente para polinización de cultivos se incrementa cada vez, tanto a campo abierto como en invernaderos (Cortopassi-Laurino *et al.*, 2006; Imperatriz-Fonseca *et al.*, 2012), en Colombia son pocas las experiencias de uso de abejas sin aguijón con este propósito. Santamaría *et al.* (2004) reportan el desarrollo del un proyecto que evaluó poblaciones silvestres de meliponinos y estableció meliponarios con las especies *Partamona peckolti*, *Frieseomelitta nigra*, *Nannotrigona testaceicornis* y *Scaptotrigona limae*. Vargas *et al* (2013) trabajando en Pasca (Cundinamarca), demostraron que la producción de tomates en invernadero, se ve positivamente influenciada por la presencia de colmenas de abejas del género Nannotrigona.

Una de las primeras revisiones sobre el uso de abejas sin aguijón para la polinización de cultivos es la de Heard (1999), quien encontró 9 cultivos efectivamente polinizados por meliponinos. Sin embargo, este número llegó a 18 cultivos en la posterior revisión de Slaa *et al.* (2006), quienes además encontraron reportes de que al menos once especies de abejas sin aguijón tienen buen comportamiento de forrajeo bajo condiciones de invernadero.

En Brasil existe un protocolo para polinización de fresas en invernaderos por *Trigona angustula* y otros meliponinos pequeños (Malagodi-Braga, 2002; Malagodi-Braga y Kleinert, 2004). Algunas especies de *Melipona* y de *Nannotrigona* podrían ser buenos polinizadores de cultivos los cuales necesitan que el agente polinizador haga vibrar las anteras para poder liberar el polen, como es el caso de plantas de la familia Solanaceae: tomate (*Lycopersicum esculentum*) polinizado por *Melipona quadrifasciata* en invernaderos de Brasil (Del Sarto *et al.*, 2005) o por *N. perilampoides* en invernaderos de Yucatán (Macías *et al.*, 2001); o el chile habanero (*Capsicum chinense*) polinizado por *N. perilampoides* en invernaderos de Yucatán (Cauich *et al.*, 2004; Cauich *et al.*, 2006).

Castro *et al.* (2006) mencionan 22 cultivos en los que los meliponinos tienen influencia como polinizadores, dentro de los que se encuentran: carambola (*Averrhoa carambola*), fresa (*Fragaria* spp.), tomate (*L. esculentum*), pimentón (*Capsicum annuum*), café (*Coffea arabica*), aguacate (*Persea americana*), mango (*Mangifera indica*), guayaba (*Psidium* spp.), achiote (*Bixa orellana*), pepino (*Cucumis sativum*), macadamia (*Macada-*

mia integrifolia), guatila o cidra (*Sechium edule*) y copoazú (*Theobroma grandiflora*), entre otros. Estos investigadores sugieren para Brasil la cría a gran escala de por lo menos 14 especies de meliponinos para ser utilizados con fines de polinización.

USO Y MANEJO: MELIPONICULTURA

Existe literatura disponible en la que se describen diferentes modelos de colmenas, así como diferentes técnicas y cuidados para la cría de abejas sin aguijón, lo cual facilita su uso en polinización (Arce *et al.*, 1994; Nogueira-Neto, 1997; Nates-Parra, 2001; Quezada-Euan, 2005; Venturieri, 2008b; Contrera y Venturieri, 2008).

En las últimas décadas, trabajos sobre biología básica, comportamiento, taxonomía y distribución de meliponinos han dado paso a la investigación aplicada, resultando en el desarrollo de nuevas tecnologías de cría y manejo que incluyen el diseño de colmenas, la selección de especies, la cría de reinas y el desarrollo de protocolos para cosecha y manejo de la miel, entre otros (Venturieri 2008a; Contrera *et al.*, 2011; Villas-Bôas 2012; Menezes *et al.*, 2013).

Algunos trabajos han descrito las características y desarrollo de la meliponicultura a nivel global (Cortopassi-Laurino *et al.*, 2006), en varios países de América Latina (Arce *et al.*, 1994; Quezada-Euán *et al.* 2001; Rosso *et al.*, 2001a y Rosso *et al.*, 2001b; Rasmussen y Castillo, 2003; Villas-Bôas, 2009; Aguilar *et al.*, 2013; Yurrita y Vásquez, 2013) y en menor medida en otros continentes (Heard y Dollin, 2000; Aidoo *et al.,* 2011).

En Colombia los meliponicultores crían aproximadamente 34 especies de abejas sin aguijón agrupadas en 12 géneros (Nates-Parra y Rosso-Londoño, 2013) (Tabla 7.1). *Tetragonisca angustula* y algunas especies de *Melipona* (*M. eburnea, M. favosa, M. costaricensis*) y *Paratrigona* son las más utilizadas.

En desarrollo del proyecto "Diagnóstico de la meliponicultura en Colombia", realizado por el Laboratorio de Investigaciones en Abejas - LABUN (2007-2008) se visitaron y/o entrevistaron 83 meliponicultores, especialmente de las regiones Andina y Caribe. Los resultados (ver: Nates-Parra *et al.*, 2008; Nates-Parra y Rosso-Londoño, 2013; Rosso-Londoño, 2013) muestran que la meliponicultura se desarrolla en diversos contextos ambientales y sociales, con múltiples objetivos, siendo los más comunes la obtención de productos, la educación, la conservación y el uso de las abejas como animales ornamentales. Quienes la practican pertenecen a distintos grupos étnicos y sociales, y tienen diferentes perfiles en cuanto a edad, sexo, actividad económica y nivel de estudios. Más de la mitad de los meliponicultores practican la apicultura y más del 60% tiene menos de 10 años de experiencia en esta actividad. En el país los meliponicultores crían o mantienen colonias de abejas sin aguijón, principalmente con el objetivo de obtener miel para consumo familiar o para comercializar debido a que es reconocida por sus propiedades medicinales y como un alimento especial, diferenciado de la miel de *A. mellifera* y de otros edulcorantes.

Los meliponicultores han adoptado y adaptado modelos de cajas de investigadores extranjeros o diseñado sus propias colmenas, existiendo una gran diversidad de materiales y modelos de acuerdo con la región y las especies manejadas; también algunas colonias están alojadas en sus troncos originales (Nates-Parra *et al.*, 2008) (Fig. 7.1)

Tabla 7.1 Géneros de abejas sin aguijón criadas en Colombia, número de colonias y número de especies por cada género, (basado en: Nates-Parra y Rosso-Londoño, 2013).

Género	Total colonias	No. especies
Tetragonisca	526	1
Melipona	106	13
Paratrigona	106	5
Nannotrigona	71	4
Scaptotrigona	71	4
Frieseomelitta	25	1
Plebeia	10	1
Tetragona	6	1
Partamona	3	1
Oxytrigona	1	1
Scaura	1	1
Trigonisca	1	1
Total	**927**	**34**

La mayoría de los meliponicultores tiene menos de 10 colonias y cría tres especies o menos, aunque en algunos casos se reportan criadores con más de 100 colonias y hasta nueve especies. La forma más común de obtención de colonias es la captura directa del medio, muchas veces destruyendo el árbol o cavidad donde se encuentra el nido.

CONSERVACIÓN Y MANEJO SOSTENIBLE DE LAS ABEJAS SIN AGUIJÓN

De acuerdo con testimonios de los meliponicultores, cada vez es más difícil encontrar nidos de estas abejas, en especial las del género *Melipona*, lo cual podría atribuirse a la disminución de áreas conservadas con árboles que ofrezcan huecos para nidificación, así como al efecto de la cacería de miel o nidos.

Por otro lado, el interés por la cría de abejas sin aguijón se incrementa cada vez más, considerando el número creciente de iniciativas y proyectos, así como el mayor interés en sus productos y en servicios como la polinización. De tal modo, un eventual incremento en la demanda de miel o de colonias de abejas para proyectos agrícolas, exige reducir la presión extractiva sobre los ecosistemas, a través del uso de métodos que minimicen el impacto ambiental. En esta línea,



Figura 7.1 Colmenas y otros tipos de alojamientos para abejas sin aguijón utilizadas en meliponicultura en Colombia

A. Nido de *Paratrigona* sp. en calceta de plátano Confines, Santander. Foto: JM. Rosso
B. Nido natural de *Paratrigona rinconi* colgado en alero de casa campesina en El Dovio - Valle. Foto: JM. Rosso
C. *Tetragonisca angustula* en Buenos Aires, Cauca. Foto: JM Rosso
D. *T. angustula* en calabazo en Boyacá. - Foto: G. Nates-Parra
E. *T. angustula* en colmena de cemento en Floridablanca, Santander. Foto: G. Nates-Parra
F. *T. angustula* en colmena de madera decorada. Medellín, Antioquia. Foto: JM. Rosso
G. *Scaptotrigona* sp. en colmena modular Floridablanca, Santander. Foto: G. Nates-Parra
H. *Tetragona* sp. en colmena modular. Foto: G. Nates Parra
I. *T. angustula* en matera de barro. Medellín, Antioquia. Foto: JM. Rosso
J. *Scaptotrigona* sp. en caja de cartón en Caloto, Cauca. Foto: JM. Rosso

algunas investigaciones han estudiado métodos como el uso de nidos trampa para la captura de enjambres naturales, la división no invasiva, o la captura con mínimo daño a los árboles, que en algunos casos coinciden con métodos ya usados tradicionalmente (Dollin, 2001; González-Acereto y Araujo-Freitas, 2005; Coletto-Silva, 2005; Oliveira *et al.*, 2012).

Puesto que algunas especies de abejas sin aguijón nidifican en cavidades artificiales, las áreas urbanas son lugares donde se pueden instalar meliponarios, porque además los parques y jardines pueden proveer de recursos alimenticios. Los cementerios en particular son lugares que ofrecen cavidades donde especies como *T. angustula, Nannotrigona mellaria* y otras especies nidifican con mucha frecuencia (Nates-Parra *et al.*, 2006). Nates-Parra y Rosso-Londoño (2012), revisaron las especies de abejas sin aguijón (Meliponini) que nidifican en las ciudades y los factores que influyen en su establecimiento en centros urbanos (Fig. 7.2-). Estos autores encontraron que al menos 38 especies de abejas sin aguijón pertenecientes a 15 géneros se observaron en las ciudades visitadas, siendo los géneros más comunes *Tetragonisca*, *Scaptotrigona* y *Trigona*, mientras que las especies más comunmente utilizadas para cría son la abeja angelita (*T. angustula*), y varias especies de *Scaptotrigona*, *Paratrigona*, *Nannotrigona* y *Melipona*. En Armenia (Amaya y Molina 2013, Vásquez *et al.* 2015), Cali (Rodríguez et al 2013), Popayán (Pérez y Zambrano 2015), Medellín (Vélez-Ruiz et al 2013), desarrollaron estudios tendientes a conocer la diversidad de abejas urbanas y su capacidad de adaptación a esos ambientes. En el Jardín Botánico de Medellín Joaquín Antonio Uribe, desde hace casi 40 años, se desarrollan actividades de reproducción, manejo y conservación de abejas nativas sin aguijón, y recientemente se han establecido alianzas entre instituciones públicas y privadas para fortalecer la conservación y uso sostenible de la biodiversidad, la educación ambiental y la investigación científica (Rosso com pers).

La conclusión general a la que se puede llegar revisando estos y otros trabajos es que las áreas urbanas son importantes en la manutención de la diversidad de abejas silvestres.

CONSIDERACIONES FINALES

Al preguntar las razones por las que algunos meliponicultores deciden criar las abejas, una respuesta frecuente es “por bonitas”, lo cual lleva implícito el deseo de búsqueda de otras formas de relación con la naturaleza, en las que el valor estético se antepone al económico. Por ello la gestión social de un grupo de insectos como las abejas sin aguijón no puede ser visto simplemente como el manejo y aprovechamiento de un “recurso”, que se conserva para producir. Retomamos la idea de Baptiste (2002) en cuanto a que los esfuerzos por conocer y manejar la fauna, no pueden restringirse exclusivamente a propuestas extremas de conservación sin uso, pero tampoco solo de utilización, prospección y mercadeo. Se hace necesario redescubrir aspectos simbólicos, éticos y estéticos que permitan renovar el concepto de naturaleza, encontrando relaciones de identidad y pertenencia que puedan superar la tendencia a la homogenización y estandarización propias de los procesos de globalización. Y este proceso pasa por el reconocimiento y valoración de los aspectos socioculturales asociados a las especies biológicas y a los te-



Figura 7.2 Colonias de abejas sin aguijón en diferentes ciudades de Colombia.

A. Meliponario en un conjunto de edificios en Medellín (Antioquia). Meliponicultor: J. Rincón. Foto: JM. Rosso
B. Colonia de T. angustula en un parlante dañado en el balcón de una casa en Popayán, Cauca. Meliponicultor: J. Medina. Foto: JM. Rosso
C. Nido de T. angustula alojado en un muro (Miraflores, Boyacá). Foto: G. Nates-Parra
D. Nido de T. angustula en una tumba del cementerio de Villavicencio (Meta). Foto: G. Nates-Parra
E. Colmenas de abejas sin aguijón en el Jardín Botánico de Medellín (Antioquia). Foto: JM. Rosso
F. Meliponario en el patio interior de una casa en Socorro, Santander. Foto: JM. Rosso
G. Meliponario en terraza de un edificio en Tuluá, Valle. Meliponicultor: J. Quiceno. Foto: JM. Rosso

rritorios. La conservación de la diversidad biocultural es fundamental en el ámbito de la gestión, además de su valor intrínseco e importancia como patrimonio de la sociedad, por el hecho de ser potencial generador de formas de uso que hoy podríamos llamar "sostenibles". Existe evidencia sobre la profundidad y detalle del conocimiento tradicional y local acerca de organismos, hábitats, funciones y relaciones, que conservan, promueven e incluso "crean" biodiversidad a través de la domesticación y manejo de especies vegetales y animales (Posey, 1983; Anderson y Posey, 1985; Maffi, 2007).

Para conservar los polinizadores, se hacen necesarios procesos, intervenciones y proyectos que sean coherentes con la variedad de contextos en los que se relacionan personas y abejas, que consigan integrar conocimientos científicos, tradicionales y locales. En las manos de los meliponicultores está cerca del 30% de las especies de abejas sin aguijón del país (Tabla 7.1), por lo cual resulta pertinente que ellos y otras personas que manejan directamente la biodiversidad, participen y se involucren en el diseño y ejecución de proyectos de investigación y políticas de gestión de la fauna polinizadora de Colombia.

REFERENCIAS

Acuña, C. Nuevo descubrimiento del gran río Amazonas, en el año de 1639. In: IIAP-CETA. Informes de Jesuitas en las Amazonas. 1600-1684. Iquitos; 1986; 25-107.

Adams PB, Lawson SD. Pollination in Australian orchids: a critical assessment of the literature 1882-1992. Australian J Bot. 1993; 41: 553-575.

Aguilar CI, Smith AH. Abejas visitantes de *Mimosa pigra* L. (Mimosaceae): Comportamiento de pecoreo y cargas polínicas. Acta Biol Colomb. 2009; 14(1): 107–118. Doi: http://dx.doi.org/10.15446/abc.v14n1.9771

Aguilar I, Herrera E, Zamora G. Stingless bees of Costa Rica. In: Vit P, Pedro SRM, Roubik DW, Editores. Pot-honey: A legacy of stingless bees. Berlin. Springer Verlag; 2013; 113-124.

Aidoo K, Kwapong P, Combey R, Karikari A. Stingless bees in Ghana. Bees for Development Journal. 2011; 100: 10-11. http://www.beesfordevelopment.org/phocadownload/BfdJ100_stinglessbeesghana022.pdf

Alarcón-Jiménez, D. Estudio del comportamiento de abejas sobre flores de *Turnera subulata* (Magnoliopsida: Turneraceae) en la Reserva Natural El Paujil, Puerto Boyacá – Colombia. In: Resúmenes. V Encuentro Colombiano sobre abejas silvestres y III Congreso Colombiano de Zoología, Medellín, Colombia; 2010. p.257

Amaya AP, Molina J. Diversidad y patrones de nidificación de abejas sin aguijón (Apidae: Meliponinae) en la Universidad del Quindío. Resúmenes IX Coloquio de insectos sociales IUSSI Sección Bolivariana. p 53. Cali, Colombia. Agosto, 2013. Boletín del Museo de Entomología de la Universidad del Valle 14(2) Suplemento :1-69

Anderson A, Posey D. Manejo de cerrado pelos índios Kayapó. Bol Mus Para Emílio Goeldi Bot. 1985; 2(1): 77-98.

Arce HG, Van Veen JW, Sommeijer MJ, Sánchez LA, Ramírez JF. Aspectos técnicos y culturales de la crianza de abejas sin aguijón (Apidae: Meliponinae) en Costa Rica. En: Conferencias del III Congreso Nacional de Apicultura; 1994; 7-17.

Baptiste LG. La fauna silvestre como producción discursiva: elementos para un análisis crítico de las bases de su gestión.En: Ulloa A, Editora. Rostros culturales de la fauna. Instituto Colombiano de Antropología e Historia y Fundación Natura; 2002; 113-128.

Bernal R, Ervik F. Floral biology and pollination of the Dioecious palm *Phytelephas seemannii* in Colombia: An adaptation to Staphylinid beetles. Biotropica. 1996; 28(4): 682-696.

Cabrera-Becerra G, Nates-Parra G. Uso de las abejas por comunidades indígenas: Los Nukak y las abejas sin aguijón. In: Memorias Tercera Reunión de la IUSSI Bolivariana: Bogotá, Colombia; 1999; 59-70.

Camargo JMF**,** Roubik DW. Neotropical Meliponini: *Paratrigonoides mayri* new genus and species from western Colombia (Hymenoptera, Apidae, Apinae) and phylogeny of related genera. Zootaxa. 2005; 1081: 33–45.

Camargo JMF, Pedro SRM. Meliponini Lepeletier, 1836. In: Moure JS, Urban D, Melo GAR, (Orgs). Catalogue of bees (Hymenoptera, Apoidea) in the Neotropical Region (última visita 14 febrero 2013). Disponible en: http://www.moure.cria.org.br/catalogue

Castellanos, JD. Elegías de varones ilustres de Indias. In: M. Rivadeneira Imprenta y Estereotipia de Salón del Prado, 8. Madrid Segunda Edición; 1852; 254-255.

Castro MS, Koedam D, Contrera FA. Stingless bees. En: Imperatriz-Fonseca VL, Saraiva AM, De Jong D. Edts. Bees as pollinators in Brazil: Assessing the status and suggesting best practices, V. Holos Editora, Ribeirão Preto, Brasil; 2006. p.112.

Cauich O, Quezada-Euán JJ, Macias-Macias JO, Reyes-Oregel V, Medina-Peralta S, Parra-Tabla V. Behavior and pollination efficiency of *Nannotrigona perilampoides* (Hymenoptera: Meliponini) on greenhouse tomatoes (*Lycopersicon esculentum*) in subtropical Mexico. J Econ Entomol. 2004; 97(2): 172-179. Doi: http://dx.doi.org/10.1603/0022-0493-97.2.475

Cauich O, Quezada-Euán JJ, Meléndez-Ramirez V, Valdovinos-Núñez,R, Moo-Valle H. Pollination of habanero pepper (*Capsicum chinense*) and production in enclosures using the stingless bee *Nannotrigona perilampoides*. J Apicult Res. 2006; 45(3): 125-130.

Coletto-Silva A. Captura de enxames de abelhas sem ferrão (Hymenoptera, Apidae, Meliponinae) sem destruição de árvores. Acta Amaz. 2005; 35(3): 383–388. Doi:http://dx.doi.org/10.1590/S0044-59672005000300012

Contrera F, Venturieri GC. Vantagens e limitações do uso de abrigos individuais e comunitários para a abelha indígena sem ferrão uruçu-amarela (*Melipona flavolineata*). Comunicado Técnico Embrapa Amazônia Oriental. 2008; 211:1–6.

Contrera F, Menezes C, Venturieri G. New horizons on stingless beekeeping (Apidae, Meliponini). Rev Bras Zootec. 2011; (40): 48-51.

Cortopassi-Laurino M, Imperatriz-Fonseca VL, Roubik DW, Dollin A, Heard T, Aguilar I, *et al*. Global meliponiculture: challenges and opportunities. Apidologie. 2006; (37): 275-292. Doi: 10.1051/apido:2006027

De Jong HJ. The land of corn and honey: The keeping of stingless bees in the ethno-ecological environment of Yucatan and El Salvador [tesis de doctorado]. Holanda: Universidad de Utrecht; 1999.

Del Sarto ML, Peruquetti RC, Campos LAO. Evaluation of the neotropical bee *Melipona quadrifasciata* (Hymenoptera: Apidae) as pollinator of greenhouse tomatoes. J Econ Entomol. 2005; 98(2): 260-266. Doi: http://dx.doi.org/10.1603/0022-0493-98.2.260

Devia W, Moreno E. Estudio del origen botánico del polen y la miel almacenados por las abejas *A. mellifera, M. eburnea* y *T. angustula* en Arbeláez (Cundinamarca) [trabajo de grado]. Facultad de Ciencias, Departamento de Biología, Bogotá Universidad Nacional de Colombia. 1982.

Dollin A. Natural hive duplication: An alternative method of propagating Australian stingless bees. Aussie bee. 2001. Disponible en: http://www.aussiebee.com.au/abol-current.html (última visita febrero 17 de 2013).

Estrada W. Conocimiento siriano y bará sobre las abejas nativas. Comunidad Bogotá Cachivera; Mitú, Vaupés. Mitú: Centro Agropecuario y de Servicios Ambientales Jirijirimo SENA, Regional Vaupés. 2012.

Falchetti A, Nates-Parra G. Las hijas del sol: las abejas sin aguijón en el mundo U´wa, Sierra Nevada del Cocuy. En: Ulloa A, Editor. Rostros culturales de la fauna. Instituto Colombiano de Antropología e Historia y Fundación Natura; 2002; 175-214.

Fernández C, Zambrano G, González V. Comportamiento de nidificación, notas taxonómicas y distribución potencial de *Paratrigona eutaeniata* (Hymenoptera: Apidae, Meliponini). Rev Col Entomol. 2010; 36(2): 325–332.

Giraldo C, Rodríguez A, Chamorro F, Obregón D, Montoya P, Ramírez N, *et. al*. Guía ilustrada de polen y plantas nativas visitadas por abejas: Cundinamarca, Boyacá, Santander, Sucre, Atlántico y Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, 2011. p. 230.

González VH. El género *Oxytrigona* en Colombia (Hymenoptera: Meliponini) [trabajo de grado]. Facultad de Ciencias, Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia Bogotá. 2000. 62 pp.

González VH, Vélez D. Una especie nueva de *Paratrigona* (Hymenoptera, Apidae, Meliponini), con una sinopsis del género en Colombia. Bol Mus Entomol Univ Valle. 2007; 8(2): 9-13.

González VH, Roubik DW. Especies nuevas y filogenia de las abejas del fuego, *Oxytrigona* (Hymenoptera, Apidae, Meliponini). Acta Zool Mex. 2008; 24(1): 43–71.

González VH, Engel MS. A new species of *Geotrigona* Moure from the Caribbean coast of Colombia (Hymenoptera, Apidae). ZooKeys. 2012; 172: 77–87. Doi:10.3897/zookeys.172.2735

González VH, Griswold T. New species and previously unknown males of neotropical cleptobiotic stingless bees (Hymenoptera, Apidae, *Lestrimelitta*). Caldasia. 2012; 34(1): 227–245.

González VH, Nates-Parra G. Sinopsis de *Parapartamona* (Hymenoptera: Apidae: Meliponini) un género estrictamente andino. Rev Acad Colomb Cienc. 1999; 23: 171-180.

González VH, Nates-Parra G. Trigona Subgenus *Duckeola* in Colombia (Hymenoptera: Apidae). J Kans Entomol Soc. 2004; 77: 292-292. Doi: http://dx.doi.org/10.2317/0309.02.1

González-Acereto J. La importancia de la meliponicultura en México, con énfasis en la Península de Yucatán. Bioagrociencias. 2012; 5(1): 34-41.

González-Acereto JA, Araujo Freitas C. Extracción conservacionista: Primer escalón de la meliponicultura moderna. In: IV Seminario Mesoamericano de Meliponicultura. San Ignacio Chalatenango, El Salvador. 2005.

Güicon Y, Carreño J, Núñez-Avellaneda LA. Ecología de la polinización de *Syagrus orinocensis* (Liliopsida: Arecaceae) en la Orinoquia de Colombia “un caso de melitofilia en palmas. In: Resúmenes. V Encuentro colombiano sobre abejas silvestres y III Congreso colombiano de zoología, Medellín, Colombia; 2010. p. 262.

Gumilla J. El Orinoco ilustrado. Historia natural, civil y geográfica de este gran río. Biblioteca Popular de Cultura Colombiana. 1741. p.334.

Heard TA. The role of stingless bees in crop pollination. Annu Rev Entomol. 1999; 44: 183–206. Doi: 10.1146/annurev.ento.44.1.183

Heard TA, Dollin AE. Stingless bee keeping in Australia: snapshot of an infant industry. Bee World. 2000; 81(3): 116-125.

Hernández J, Roubik DW, Nates-Parra G. Morphometric analysis of bees in the *Trigona fulviventris* group (Hymenoptera: Apidae). J Kans Entomol Soc. 2007; 80(3): 205-212.

Hernández J. Las abejas sin aguijón del subgénero *Trigona* (Hymenoptera: Meliponini) en Colombia. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia. 2000. 278 pp.

Imperatriz-Fonseca VL, Canhos DAL, Alves DA, Saraiva AM. Editores. Polinizadores no Brasil: contribuição e perspectivas para a biodiversidade, uso sustentável, conservação e serviços ambientais. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo. 2012. 484 pp.

Jara, F. La miel y el aguijón. Taxonomia zoológica y etnobiología como elementos en la definición de las nociones de género entre los andoke (Amazonia colombiana). J Soc Am. 1996; 82(1): 209–258.

Macías MJO, Quezada-Euán JJ, Parra-Tabla V, Reyes-Oregel V. Comportamiento y eficiencia de polinización de las abejas sin aguijón (*Nannotrigona perilampoides*) en el cultivo del tomate (*Lycopersicum esculentum*) bajo condiciones de invernadero en Yucatán, México. 2001; 119-240. In: Quezada-Euan JJ, May-Itza W de J, Moo-Valle H, Chab-Medina JC, (eds). II Seminario mexicano sobre abejas sin aguijón, Mérida. Mérida, México. 2001.

Maffi L. Biocultural diversity and sustainability. In: Orr D, Ball A, Ward PH, Pretty J, Guivant J, Lee DR, Pfeffer M, Benton T. The SAGE handbook of environment and society. SAGE Publications. 2007: 267-277

Malagodi-Braga, KS. Estudo de agentes polinizadores en cultura de morango *(Fragaria X ananassa Duchesne-* Rosaceae) [tesis de doctorado]. Universidade de Sao Paulo, Sao Paulo, Brasil; 2002.p. 102.

Malagodi-Braga, KS, Kleinert, AMP. Could *Tetragonisca angustula* Latreille, (Apinae, Meliponini) be used as strawberry pollinator in greenhouse?. Aust J Agric Res. 2004; 55(7): 771-773. Doi: http://dx.doi.org/10.1071/AR03240

Menezes C, Vollet-Neto A, Imperatriz-Fonseca VL. An advance in the in vitro rearing of stingless bee queens. Apidologie. 2013; 44: 491-500. DOI: 10.1007/s13592-013-0197-6.

Montaña L. Mitos, leyendas, tradiciones y folclor del Lago de Tota. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Tunja; 1970. p. 451.

Nates-Parra G. Abejas de Colombia. I. Lista preliminar de algunas especies de abejas sin aguijón (Hymenoptera: Apidae: Meliponini). Rev Biol Trop. 1983; 31(1): 155-158.

Nates-Parra G. Contribución al estudio de la biología, comportamiento y genética de las abejas de los géneros *Apis, Melipona* y *Trigona*, en el Departamento de Cundinamarca. Informe Final Colciencias. 1985.

Nates-Parra G. Abejas de Colombia. III. Clave para géneros y subgéneros de Meliponini (Hymenoptera: Apidae). Acta Biol Colomb. 1990; 2(6): 115-128.

Nates-Parra G. Las abejas sin aguijón del género *Melipona* (Hymenoptera: Meliponinae) en Colombia. Bol Mus Entomol Univ Valle. 1995; 3(2): 21-33.

Nates-Parra G. Abejas sin aguijón de Colombia (Hymenoptera: Meliponinae). In: Amat G, Andrade G, Fernadez F, (Org). Insectos de Colombia: Estudios escogidos. Bogotá, Colombia. 1996; p.181-268.

Nates-Parra G. Guía para la cría y manejo de la abeja angelita o virginita *Tetragonisca angustula* Illiger. Convenio Andrés Bello (Serie Ciencia y Tecnología No. 84). 2001. p. 43.

Nates-Parra G, Cepeda OI. Comportamiento defensivo en algunas especies de Meliponinos colombianos (Hymenoptera: Meliponini). Bol Depart Biol Univ Nac Colomb. 1983; 1(5): 65-82.

Nates-Parra G, Villa A, Vergara C. Ciclo de desarrollo de *Trigona (Tetragonisca) angustula*, Lat. 1811 (Hymenoptera: Trigonini). Acta Biol Colomb. 1989; 1(5): 91-98.

Nates-Parra G, Roubik D. Sympatry among subspecies of *Melipona favosa* in Colombia and taxonomic revision. J Kans Entomol Soc. 1990; 63(1): 200-203.

Nates-Parra G, González-B VH, Ospina-Torres R. Descripción de los machos y anotaciones sobre la biología de *Paratrigona anduzei* y *P. eutaeniata* (Hymenoptera:Apidae: Meliponini) en Colombia. Caldasia. 1999; 21(2): 174-183.

Nates-Parra, G, Rodríguez A, Vélez ED. Abejas sin aguijón (Hymenoptera: Apidae: Meliponini) en cementerios de la Cordillera Oriental de Colombia. Acta Biol Colomb. 2006; 11(1): 25–35.

Nates-Parra G, Palacios E, Parra-H A. Efecto del cambio del paisaje en la estructura de la comunidad de abejas sin aguijón (Hymenoptera:Apidae) en Meta, Colombia. Rev Biol Trop 2008; 56(3): 1295-1308.

Nates-Parra G, Rosso-Londoño J. Diversidad de abejas sin aguijón (Hymenoptera: Meliponini) utilizadas en meliponicultura en Colombia. Acta Biol Colomb. 2013; 18(3): 415-426.

Nates-Parra G, Rosso-Londoño J. Abejas sin aguijón y meliponicultura en áreas urbanas de Colombia. VI Encuentro Colombiano Sobre Abejas Silvestres, Bogotá, D.C., 28 y 29 de noviembre de 2012

Nates-Parra G, Rosso J.M, Cepeda M, Lugo JS. Características de la meliponicultura en Colombia. Memorias del VI Congreso Mesoamericano sobre Abejas Nativas Guatemala, 2009. p. 17-23.

Nates-Parra G, Rodríguez A. Forrajeo en colonias de *Melipona eburnea* (Hymenoptera:Apidae) en el piedemonte llanero (Meta, Colombia). Rev Colomb Entomol. 2011; 37(1): 121–127.

Nogueira-Neto P. Vida e criação de abelhas indígenas sem ferrão. São Paulo: Nogueirapis. 1997. p. 445

Núñez-Avellaneda LA, Carreño J. Abejas nativas polinizan por vibración el achiote de monte *Bixa urucurana* Wild (Magnoliopsida: Bixaceae) en la orinoquía de Colombia. In: Resúmenes, V Encuentro colombiano sobre abejas silvestres y III Congreso colombiano de zoología, Medellín, Colombia. 2010. p. 265.

Obregón D, Nates-Parra G. Floral preference of *Melipona eburnea* Friese (Hymenoptera: Apidae) in a Colombian Andean Region. Neot Entomol. 2013; 43(1): 53-60. Doi:10.1007/s13744-013-0172-y

Obregón D, Rodríguez A, Chamorro F, Nates-Parra G. Botanical origin of pot-honey from *Tetragonisca angustula* Latreille in Colombia: 337-346. En P. Vit et al. (eds.), Pot-honey: A legacy of stingless bees, 654 p. DOI 10.1007/978-1-4614-4960-7_23, © Springer Science+Business Media New York 2013.

Oliveira R, Menezes C, Soares A, Imperatriz-Fonseca VL. Trap-nests for stingless bees (Hymenoptera, Meliponini). Apidologie. 2012; 44(1): 29-37.Doi: 10.1007/s13592-012-0152-y

Ortiz E, Arango GJ. Descripción de nidos de abejas de la subfamilia Meliponini (Hymenoptera: Apidae) en cinco municipios del suroeste antioqueño [Trabajo de grado]. Medellín. Universidad de Antioquia. 1985.

Parra, G. Censo parcial de las abejas sin aguijón (Apidae: Meliponini) del Occidente Colombiano. Cespedesia. 1984; 13(4): 277-290.

Parra, G. Bionomía de las abejas sin aguijón (Apidae: Meliponini) del Occidente Colombiano. Cespedesia. 1990; 57(58): 77-116

Parra, G. Distribución de las abejas sin aguijón (Meliponinae: Apidae) en el Departamento del Valle del Cauca. Cespedesia. 1991; 18(61): 9-22.

Patiño VM. Historia de la cultura material en la América equinoccial. Tomo V, Tecnología. Bogotá: Instituto Caro y Cuervo. 1992. Disponible en: http://www.banrepcultural.org/blaavirtual/historia/equinoccial_5_recursos-industria/inicio.htm

Peinado JE, Tarazona A. Reconocimiento preliminar de la flora apícola y su interacción con la fauna Apoidea en la región de Nuevo Colón (Boyacá) [trabajo de grado]. Tunja. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. 1982.

Pérez-Grisales MK, Zambrano-González G. Abejas silvestres (Hymenoptera, Apoidea) en el área urbana de la ciudad de Popayán, Cauca. X Coloquio de la Sección del Norte Suramericano de la Unión Internacional para el Estudio de los Insectos Sociales IUSSI. Bogotá, 2015: 64

Posey D, Camargo JMF, Additional notes on the classification and knowledge of stingless bees (Meliponinae, Apidae, Hymenoptera) by the Kayapó Indians of Gorotire, Pará, Brasil. Ann Carnegie Mus. 1985; 54(8): 247-274.

Posey D. Keeping of stingless bees by the Kayapo Indians of Brazil. J Ethnobiol. 1983; 3(1): 63-73.

Quezada-Euán JJ, May-Itzá WD, González-Acereto J. Meliponiculture in Mexico: problems and perspective for development. Bee World. 2001; 82(4): 160–167.

Quezada-Euán JJ. Biología y uso de las abejas sin aguijón de la Península de Yucatán, México (Hymenoptera: Meliponini). México: Ediciones UADY; 2005.

Rasmussen C, Castillo P. Estudio preliminar de la Meliponicultura o apicultura silvestre en el Perú (Hymenoptera: Apidae, Meliponini). Rev Per Ent. 2003; (43): 159-164.

Rivero-Oramas R. Abejas criollas sin aguijón. Caracas: Monte Avila Editores. 1972. p. 110.

Rodríguez-MM, Vásquez-Lenis E, Chacón De Ulloa P. Abejas sin aguijón en el campus de la Universidad del Valle, Cali, Colombia Boletín del Museo de Entomología de la Universidad del Valle 2013, 14(2) Suplemento : 43

Rosso JM, Imperatriz-Fonseca VL, Cortopassi-Laurino M. Meliponicultura en Brasil I: Situación en 2001 y perspectivas. En: Memorias del II Seminario Mexicano sobre Abejas Sin Aguijón. México: Mérida. 2001a; 28-35.

Rosso JM, Imperatriz-Fonseca VL, Cortopassi-Laurino M. Meliponicultura en Brasil II: técnicas de manejo. In: Memorias IV Reunión I.U.S.S.I. Bolivariana. San Cristóbal, Venezuela, noviembre. 2001b. p.83-88.

Rosso JM, Estrada W, Reinoso N. Aproximación al conocimiento tradicional indígena sobre las abejas sin aguijón en el departamento del Vaupés, Colombia. In: Nates Parra G, Montoya P, Chamorro F (eds.). IV Encuentro Colombiano sobre Abejas Silvestres. Memórias. Bogotá: Laboratório de Investigaciones en Abejas LABUN. Universidad Nacional de Colombia. 2008.

Rosso-Londoño JM. Insetos, meliponicultura e diversidade biocultural [tesis de doctorado]. Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto - SP. 2013. p. 168.

Roubik, DW. Ecology and natural history of tropical bees. Cambridge Univ. Press, New York. 1989; 514.

Samper-Pizano D. Antología de grandes crónicas colombianas: 1529-1948. Ed. Aguilar. 2003. p. 442.

Santamaría E, Santamaría A, Rodríguez D, Jerez P, Aceros H. Sistemas de polinización entomófila con meliponinos para frutales y cultivos bajo invernadero. In: Nates-Parra G, Gómez MI, editores. Libro de Memorias II Encuentro Colombiano de Abejas Silvestres. Bogotá: Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia. 2004. p. 131-134.

Santos GM, Antonini Y. The traditional knowledge on stingless bees (Apidae: Meliponina) used by the Enawene-Nawe tribe in western Brazil. J Ethnobio Ethnomed. 2008; (4):19. Doi:10.1186/1746-4269-4-19

Simón FP. Noticias historiales de las conquistas de Tierra Firme en las Indias Occidentales. Tomo IV. III Parte. Bogotá Casa Editorial de Medardo Rivas. 1892. p.410.

Singer RB. The pollination mechanism in *Trigonidium obtusum* Lindl (Orchidaceae: Maxillariinae): sexual mimicry and trap-flowers. Ann Bot. 2002; 89: 157–163. Doi: 10.1093/aob/mcf021

Singer RB, Flach A, Koehler S, Marsaioli AJ, Amaral MC. Sexual mimicry in *Mormolyca ringens* (Lindl.) Schltr. (Orchidaceae: Maxillariinae). Ann Bot. 2004; 93: 755–762. Doi: 10.1093/aob/mch091

Slaa EJ, Sánchez Cháves LA, Malagodi-Braga KS, Hofstede FE. Stingless bees in applied pollination: practice and perspectives. Apidologie. 2006; 37(2): 293-315. Doi:http://dx.doi.org/10.1051/apido:2006022

Smith-Pardo A. Las abejas silvestres de Porce: Claves y notas sobre los géneros y especies de la familia Colletidae (Hymenoptera: Apoidea). Rev Fac Nac Agron Med. 1999; 52(2): 599-610.

Smith-Pardo A, González VH. Diversidad de abejas (Hymenoptera: Apoidea) en estados sugestionales del bosque húmedo tropical. Acta Biol Colomb. 2007; 12(1): 43-56.

Vargas G, Espitia D, Garzón A, Solarte V, Suarez P, Talero C. Evaluación de algunos parámetros de calidad en tomate bajo invernadero (*Lycopersicum esculentum*) polinizado por Nannotrigona sp. (Apidae: Meliponinae), utilizando diferente número de colmenas en Colombia. Memorias VIII Congreso Mesoamericano de abejas nativas 2013: 61-71 Heredia, Costa Rica.

Vásquez A, Correa A. Estudio sobre la fauna Apoidea y sus relaciones con la flora y el medio ambiente en la región de Llano Grande (Rionegro, Antioquia) [trabajo de grado]. Universidad Nacional de Colombia, Medellín. 1976. p.132.

Vásquez Lenis EA, Pantoja Santacruz J, García Hernández AL. Reporte de la apifauna asociada al campus de la Universidad del Quindío, Armenia (Colombia). X Coloquio de la Sección del Norte Suramericano de la Unión Internacional para el Estudio de los Insectos Sociales IUSSI, Bogotá, 2015:65

Vélez-Ruiz RI González VH, Engel MS. Observations on the urban ecology of the Neotropical stingless bee *Tetragonisca angustula* (Hymenoptera: Apidae: Meliponini) Journal of Melittology Bee Biology, Ecology, Evolution, & Systematics 2013 No. 15, pp. 1–8

Venturieri GC. Criação de abelhas indígenas sem ferrão. 2.ed. Belém: Embrapa Amazônia Oriental. 2008a.

Venturieri GC. Caixa para a criação de uruçu-amarela *Melipona flavolineata* Friese, 1900. EMBRAPA Comunicado técnico 212. 2008b. Disponible en: http://www.cpatu.embrapa.br/publicacoes_online (última revisión enero 26 de 2013).

Vergara C, Villa A. Algunos aspectos de la biología y comportamiento de *Trigona (Tetragonisca) angustula* Latreille1811 (Hymenoptera:Apidae) [trabajo de grado]. Biología, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. 1981. 203 pp

Vergara C, Pinto O. Primer registro para Colombia de abejas sin aguijón encontradas a más de dos mil metros de altura (Hymenoptera: Apidae). Lozanía. 1981; 35: 1-3.

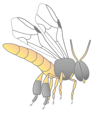
Vergara C, Villa A, Nates-Parra G. Nidificación de meliponinos en la región central de Colombia. Rev Biol Trop. 1987; 34(2): 181-184.

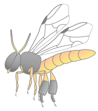
Villas-Bôas J. Conquistas y desafíos de la meliponicultura en Brasil. En: Yurrita CL, Editora. Memorias VI Congreso Mesoamericano sobre Abejas Nativas. Universidad de San Carlos de Guatemala. 2009. p. 24-30.

Villas-Bôas J. Mel de abelhas sem ferrão. Manual Tecnológico 3. Brasília DF. Instituto Sociedade, População e Natureza (ISPN). 2012. 96 pp.

Wilchez N, Carreño J, Núñez LA. Abejas sin aguijón (Hymenoptera: Apidae: Meliponini) de Casanare, Colombia. Acta Biol Colomb. 2009; 14(2): 179.

Yurrita CL, Vásquez M. Stingless bees of Guatemala. In: Vit P, Pedro SRM, Roubik DW, Editores. Pot-honey: A legacy of stingless bees. Berlin: Springer Verlag. 2013. p. 99-111.





CAPÍTULO 8

BOMBUS: LOS ABEJORROS DEL PÁRAMO

Mario Simón Pinilla-Gallego, Biól.[1], Rodulfo Ospina Torres, Ph.D.[2], José Ricardo Cure, Ph.D.[1]

[1] Grupo de investigación en biodiversidad y ecología de abejas silvestres, Universidad Militar Nueva Granada. Bogotá

[2] Departamento de Biología, Laboratorio de Investigaciones en abejas, Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá.

simonpinilla@yahoo.com, jose.cure@unimilitar.edu.co rospinat@unal.edu.co

INTRODUCCIÓN

El género *Bombus,* está compuesto por abejas sociales, grandes (1,5 – 3,5 cm), robustas y con abundante pilosidad. Las alas anteriores tienen tres celdas submarginales, espuelas tibiales posteriores presentes, ojos glabros, presencia de corbícula en las hembras, mandíbula con dientes apicales cortos y romos, y espacio malar largo (Liévano *et al.*, 1994). Existen cerca de 250 especies en el mundo, distribuidas principalmente en Eurasia y Norteamérica debido a que su origen es holártico (Michener, 2007).

Hines (2008), basado en la muy completa hipótesis filogenética del género presentada por Cameron *et al.*, (2007) proponen que la dispersión del género *Bombus* de Norte América a Sur América debió suceder por lo menos en seis eventos independientes y los ubica temporalmente entre hace 15 a 2-3 millones de años. Teniendo en cuenta que la unión completa de los últimos corredores marinos de Centro América se ubica alrededor de 3-3,4 millones de años atrás, y que en el pleistoceno medio se registra un calentamiento y una elevación del nivel del mar, es más probable que las migraciones tuvieran lugar en las fechas más recientes propuestas por dichos autores. Independientemente de esto, la presencia de especies de zonas cercanas al círculo polar hace pensar también que en fechas más recientes del pleistoceno las glaciaciones debieron ser factores determinantes que permitieron la migración de dichas especies hacia el sur y afectaron la distribución actual del género en Sur América y Colombia.

Con respecto a la biología de nidificación, ésta varía dependiendo de la especie, pero en términos generales las reinas jóvenes inician nuevos nidos en madrigueras de roedores o en cavidades preexistentes en el suelo, y continúan forrajeando por polen y néctar hasta que la primera generación de obreras emerge. Debido a este comportamiento no son consideradas abejas eusociales, ya que la reina pasa una parte de su ciclo sola (Goulson, 2010).

Para la construcción del nido pueden usar pequeños trozos de hojas secas o paja, y en algunas ocasiones construyen un involucro de cera alrededor del nido. Las reinas ponen los huevos en grupos dentro de una masa de cera y polen, generalmente sobre las celdas

antiguas. Posteriormente las larvas inician una separación de sus celdas, que se completa cuando llegan a estado de pupa (Heinrich, 2004). Entre las especies de *Bombus* existen dos métodos principales de alimentación de las larvas; 1) las obreras crean un "bolsillo" de cera unido a la parte lateral de las celdas de las larvas en los que depositan el polen con el que se alimentaran las larvas (especies "Poket makers") y 2) las obreras alimentan directamente las larvas a través de un agujero en las celdas (especies "Pollen storers"). Una vez que las obreras adultas emergen, las celdas vacías son usadas para almacenar néctar o polen (Goulson, 2010).

Durante los primeros meses la colonia continúa su etapa de crecimiento y la población de obreras crece. Posteriormente la colonia pasa a la etapa de producción de sexuados, en la que la reina comienza a poner huevos de machos (haploides) y reinas, y la producción de obreras empieza a disminuir. En esta etapa, también es posible que algunas obreras empiecen a colocar huevos haploides (Goulson, 2010). En las zonas templadas, las colonias tienen ciclos anuales, y las reinas jóvenes hibernan después de aparearse con los machos. En primavera, las reinas emergen en busca de lugares para iniciar nuevos nidos. En las regiones tropicales las reinas pueden iniciar nuevas colonias inmediatamente después del apareamiento (Michener, 2007).

Algunas especies de *Bombus* son importantes polinizadores de numerosas plantas silvestres y cultivadas, ya que son capaces de realizar "polinización por zumbido", con lo que pueden liberar el polen de plantas con anteras de dehiscencia poricida. Además, son tolerantes a las bajas temperaturas, lo que les permite forrajear desde muy temprano en la mañana e incluso con lluvias moderadas (Heinrich, 2004). Algunos de los cultivos que son eficientemente polinizados por *Bombus* son el arándano (*Vaccinium ashei*) (Sampson y Cane, 2000), el tomate (*Lycopersicon esculentum*) (Dogterom *et al*., 1998), pimentón (*Capsicum annuum*) (Serrano y Guerra-Sanz, 2006), kiwi (*Actinidia deliciosa*) (Read *et al*., 1989), entre muchos otros. Debido a su importancia como polinizadores, algunas especies como *B. terrestris* y *B. impatiens* han sido exitosamente domesticadas, y son producidas por varias compañías (e.j. Koppert, BioBest) que venden las colonias para la polinización de cultivos.

A pesar de la importancia de las abejas de este género, a nivel mundial las poblaciones de *Bombus* tienden a disminuir, principalmente debido a la destrucción de su hábitat, lo que conlleva a disminución de lugares de nidificación y recursos florales (Goulson *et al*., 2008; Williams y Osborne, 2009). En Colombia no existen estudios concretos sobre el estado de las poblaciones de *Bombus*, lo cual sería un tema importante para abordar.

En cuanto a la diversidad de especies de Bombus en Colombia, según la revisión de Milliron (1976) de las especies del hemisferio occidental se reportan para nuestro país 14 especies, de las cuales los reportes de *B.volluceloides*, *B.morio* y *B.brevivillus*, *B.mexicanus* y *B roweri* son dudosos (Abrahmovich & Diaz, 2002). Según esto para Colombia se reportan con registros claramente documentados un total de nueve especies (Lievano *et al*., 1994): a saber: *Bombus excellens* (Smith, 1879), *Bombus funebris* (Smith, 1854),

Bombus hortulanus (Friese, 1904),*Bombus melaleucus* (Handlirschi, 1888), *Bombus pullatus* (Franklin, 1913), *Bombus robustus* (Smith, 1854), *Bombus rubicundus* (Smith, 1854), *Bombus transversalis* (Oliver, 1789), y *Bombus atratus* (Franlin, 1913).

A continuación, se hace una corta descripción de las principales características de cada especie comprobada para Colombia, su amplitud de distribución y su biología. Más detalles sobre las características taxonómicas son presentadas por Lievano *et al.* (1994). Los esquemas de los patrones de coloración fueron tomados de la página web sobre Bombus desarrollada por el Natural History Museum UK (2013).

B. excellens: pilosidad larga y densa, negra en el tórax, tergito I negro, tergitos de II a VI rojos (Fig.8.1.a y Fig. 8. 2 e) (Liévano *et al.*, 1994). Se distribuye en Colombia, Venezuela, Bolivia y Perú (Abrahamovich *et al.*, 2004). En Colombia se encuentra desde los 1740 hasta los 2500 msnm (Lievano *et al.*, 1991; Vega *et al.,* 2013). El único reporte que existe en Colombia sobre su biología es el de Vega *et al.,* (2013), en que se describe un nido de *B. excellens* en Norte de Santander. El nido estaba construido en un agujero natural, tenía una sola entrada, sin involucro. El nido examinado tenía 283 obreras, 10 reinas jóvenes, 20 agregados de huevos, 23 celdas de larvas con bolsillo de alimentación, 125 pupas, 17 potes de néctar y tres de polen. Dichos autores también estudiaron la actividad de forrajeo, encontrando un pico de obreras entrando al nido con polen entre las 700 – 800 h, mientras que el pico de actividad de obreras entrando con néctar fue entre las 540 y 700 h. La temperatura interna del nido fue de 30,6 ± 0,8 ºC. La escasez de reportes sugieren que quizás sea una especie en peligro debido a la acelerada destrucción de su hábitat, el bosque de niebla (Nates-Parra, 2006).

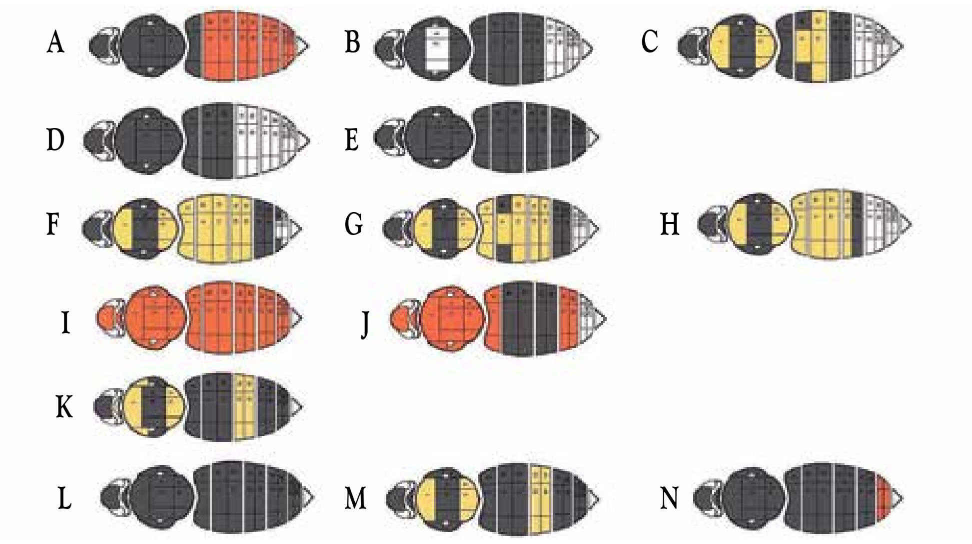


Figura 8.1. Patrones de coloración de las especies de Bombus de Colombia según Williams- Natural History Museum (NHM-UK) (2013): A) *B. excellens*; B) *B. funebris*; C) *B. hortulanus*; D) *B. melaleucus*; E) *B. pullatus*; F, G, H) diferentes patrones de *B. robustus*; I) reinas y J) obreras de *B. rubicundus*; K) *B. transversalis*; *B. atratus* L) melánicos, M) flavínicos y N) ferrugíneos.



Figura 8.2. a) *Bombus hortulanus* visitando flores de *Vaccinium meridionale*; b) reina de *Bombus rubicundus*, Fotos: MS. Pinilla; c) *Bombus atratus* visitando *Solanum lycopersicum*, Foto A. Escobar; d) *Bombus transversalis* visitando *Inga* sp. Foto: JM. Rosso; e) *Bombus excellens*, f) nido de *Bombus funebris*, g) nido de *Bombus pullatus*, Fotos: W. Hoffmann.

B. funebris: Pilosidad fina, negra en el tórax con un ovalo blanco en el mesoscuto entre la base de las alas. Tergitos I a III negros. Margen apical de los tergitos IV, V y VI blancos (Fig.8.1.b). Alas muy claras (Liévano *et al.*, 1994). Es una especie típicamente andina, se distribuye en Colombia, Ecuador, Perú y Bolivia (Abrahamovich *et al.*, 2004). En Colombia se encuentra entre los 2.850 a 4.750 msnm, casi en el límite de las nieves perpetuas. Muestra su mayor abundancia en el piso Montano (2800- 3800 msnm) (Lievano *et al.*, 1991). No se encuentran descripciones de sus nidos (Fig. 8.2 f)

B. hortulanus: pubescencia del tórax dorsalmente amarilla con una banda inter alar negra. En el tergito I la pubescencia es negra y sólo cubre los tercios laterales del segmento. Tergito II amarillo con las áreas laterales negras, Tergito III generalmente amarillo (Fig.8.1 y Fig. 8.2 a). Tergitos IV a VI blancos (Lievano *et al.*, 1994). Se encuentra en Venezuela, Colombia y Ecuador (Abrahamovich *et al.*, 2004). En Colombia se encuentra desde los 2.100 hasta los 3.180 msnm (Liévano *et al.*, 1991). Es una especie poco agresiva, puede nidificar entre las raíces del pasto y puede ser encontrada en zonas con nivel de intervención de leve a moderada (Nates-Parra, 2006).

B. melaleucus: pubescencia fina, no muy densa, tórax negro, abdomen negro, excepto los últimos tergitos blancos. Alas oscuras y de color castaño (Fig.8.1.d) (Liévano *et al.*, 1994). Se distribuye en Costa Rica, Panamá, Colombia, Ecuador, Perú y Bolivia (Abrahamovich *et al.*, 2004). En Colombia se encuentra desde los 450 hasta los 2100 msnm (Liévano *et al.*, 1991). Prefiere climas de alta humedad y cálidos, poco intervenidos y podría ser una especie en peligro de extinción en Colombia debido a la pérdida de su hábitat (Nates-Parra, 2006). La única descripción sobre sus nidos fue hecha por Hoffmann

et al., (2004): el nido se encontraba en el suelo a 34 cm de profundidad, protegido por un involucro compuesto por cera y material vegetal seco; el tubo de entrada estaba cubierto por plantas secas; las dimensiones del nido eran de 30x20x15 cm. El nido contaba con una reina y 42 obreras muy defensivas, cuatro agregados de huevos, tres agregados de celdas de larvas, 43 celdas de reinas, una celda de obreras y 18 celdas de machos. Los potes de miel estaban situados cerca de la entrada del nido.

B. pullatus: pilosidad corta, densa y enteramente negra. Alas oscuras (Fig.8.1.e) (Liévano *et al*., 1994). Se encuentra en Honduras, Nicaragua, Costa Rica, Panamá, Colombia, Venezuela y Ecuador (Abrahamovich *et al*., 2004). En Colombia se encuentra desde los 18 hasta los 3.500 msnm. Es la especie más común en el piso Tropical (0-800 msnm) (Liévano *et al*., 1991), y se puede encontrar tanto en ambientes conservados como intervenidos (Nates-Parra, 2006). En Colombia no existen descripciones sobre nidos de *B. pullatus* (Fig. 8.2 g) sin embargo, en Costa Rica, Janzen (1971) describió un nido que se encontraba en una planta de banano (*Musa* sp.) a 5,5 m de altura. En el nido había 36 reinas, presumiblemente vírgenes, 259 obreras, y 48 machos, lo que indica que la colonia estaba en su estado reproductivo. Más recientemente Hines *et al*., (2007) realizaron una descripción detallada de otro nido de *B. pullatus* en Costa Rica, en este caso el nido se encontraba en el suelo, era cónico, con dimensiones de 61,5 x 70 x 33,5 cm. Estaba construido con pequeñas piezas de paja seca, tenía cinco entradas, 414 obreras y sin reina, 61 grupos de celdas de larvas, 51 celdas de reinas, 30 agregados de huevos encima de las celdas, 22 potes de miel; las celdas de larvas no tenían bolsillos de alimentación. La temperatura interna fue de 31,9 ºC. La hora de mayor actividad de recolección de polen fue entre las 700 y 900 h. Dos de las entradas eran utilizadas principalmente para entrar y dos principalmente para salir. Adicionalmente, Chavarria (1996) reporta un nido mixto de *B. pullatus* y *Acromyrmex octospinosus* (Hymenoptera: Formicidae).

B. robustus: Tergito I cubierto de pelos en la parte media (a diferencia de *B. hortulanus*), Tergitos I a III amarillo, IV con tercios proximales negros y el resto blanco, tergitos V y VI con pelos blancos (Fig.8.1.f, g, h) (Lievano *et al*., 1994). Habita en Colombia, Venezuela y Ecuador (Abrahamovich *et al*., 2004). En Colombia se encuentra desde los 2320 hasta los 3600 msnm. Muestra su mayor abundancia en el piso Montano (2800-3800 m snm) (Lievano *et al*., 1991). No hay reportes sobre su biología.

B. rubicundus: la coloración en las reinas es enteramente rojo-cobrizo. En las obreras el tórax y el tergito I son rojo-cobrizo, tergitos II, III, V y VI negros, tergito IV predominantemente rojo (Fig.8.1.i, j) (Lievano *et al*., 1994). Se distribuyen en Colombia, Venezuela, Ecuador, y Bolivia (Abrahamovich *et al*., 2004). En Colombia se encuentra desde los 2550 hasta los 3690 msnm, siendo una especie típicamente andina. Muestra su mayor abundancia en el piso Montano (2800- 3800 msnm) (Lievano *et al*., 1991). Bernal *et al.,* (2005a) intentaron infructuosamente iniciar colonias de *B. rubicundus* a partir de reinas capturadas en estado silvestre, aunque si lograron determinar que una reina en cautiverio consume 0,57 ml de néctar y 18 mg de polen al día. Aguilar (2004) extrajo nidos silvestres de *B. rubicundus* y los mantuvo exitosamente en laboratorio, reportando una población de hasta 200 obreras por colonia, y reporta a especies de Conopidae (Diptera) como parásito de esta especie.

B. transversalis: El pronoto, mesoescuto y escutelo con pilosidad amarillo-ocre, con banda inter alar negra bien definida. Tergito III amarillo-ocre, todos los demás tergitos negros (Fig.8.1 k y Fig. 8. 2d) (Liévano *et al.*, 1994). Se encuentra en Colombia, Venezuela, Bolivia, Guayana, Brasil y Perú (Abrahamovich *et al.*, 2004). En Colombia se registra desde los 180 hasta los 1100 m snm, pero sólo está presente en la Orinoquía y Amazonía (Liévano *et al.*, 1991). Construyen sus nidos en la superficie, no bajo tierra, y son hechos con hojas secas y ramitas creando un techo protector. Las colonias pueden llegar a ser muy grandes, con más de mil individuos. Los nidos tienen una sola entrada, a partir de la cual las obreras elaboran un "camino" de 2 a 3 metros de longitud, el cual limpian y aplanan para poder transportar los materiales de construcción del nido. La actividad de forrajeo inicia a las 5:30 h y continua hasta las 17:00 h, con un pico de actividad entre las 7:45 -9:45 h. (Cameron *et al.*, 1999). Taylor y Cameron (2003) realizaron una detallada descripción de 16 nidos de *B. transversalis* en la región amazónica de Colombia, Brasil, Perú y Ecuador: todos los nidos son cónicos o tienen forma de domo. El grosor de la cubierta de material vegetal varía entre 3-36 cm y pocos nidos presentan involucro de cera. Todos los nidos tenían una sola entrada, se encuentran entre seis a 72 potes de miel, ubicados generalmente en la periferia del nido. Hay bolsillo de polen para la alimentación de las larvas. La temperatura interna varía entre 26.5 y 33 ºC, y a pesar de la alta humedad en el exterior, los nidos permanecen secos en el interior.

B. atratus: Se reconocen tres patrones de coloración para esta especie: Melánicos (completamente negros, Fig. 8.2 c), Flavínicos (con zonas de pilosidad amarilla clara definidas en el tórax y abdomen) y ferrugíneos (pilosidad negra con pelos rojos en los tergos IV, V, y VI) (Fig.8.1.l, m, n), y se han observado incluso dos fenotipos en el mismo nido. El fenotipo más común en Colombia es el melánico, seguido del flavínico y el ferrugíneo; este último sólo se ha reportado en la provincia del Guavio (Cundinamarca) (Ospina *et al.*, 1987). *Bombus atratus* se distribuye en Colombia, Venezuela, Perú, Ecuador, Bolivia, Brasil, Paraguay, Uruguay, y Argentina (Abrahamovich *et al.*, 2004). En Colombia se encuentra desde los 150 hasta los 3500 msnm, siendo la especie más abundante en el piso Montano Bajo (1 800 – 2 800 msnm) (Liévano *et al.*, 1991). Es una especie muy defensiva que nidifica en paisajes con intervención humana de moderada a alta, ya sea en zona rural o en zona urbana (Nates-Parra, 2006; Nates-Parra *et al.*, 2006). Pardo y Jiménez (2006) evaluaron el ámbito de vuelo de esta especie en ambientes urbanos de Bogotá, encontrando que es de cerca de 1 Km.

Gonzáles *et al.,* (2004) describieron siete nidos de *B. atratus* en Facatativá (Cundinamarca), los cuales estaban construidos en una densa maraña de pasto de hasta 40 cm de alto. Los nidos se encontraban en áreas abiertas, altamente intervenidas, dedicadas a ganadería o plantaciones de eucalipto. Tenían una sola entrada, que consistía de un hueco irregular en el techo del nido. Las celdas de cría jóvenes se ubicaban encima de las viejas. Los agregados de huevos contenían de cuatro a 15 huevos. Se observaron bolsillos de alimentación en las celdas de larvas, que las obreras remueven cuando las larvas llegan a estado de pupa. En ocasiones puede haber dos bolsillos por cada grupo de larvas. El tiempo de desarrollo de huevo a adulto de las obreras es de 28 a 31 días. La

temperatura interna de los nidos varía entre 23,8 a 29,9 ºC, permaneciendo 11,5 ºC por encima de la temperatura externa. Las colonias pueden tener de una a ocho reinas, y las colonias llegaron a tener 80 obreras. Los machos y reinas solamente se observan en los meses de baja precipitación. También se observaron individuos del género *Antherophagus* (Coleoptera: Cryptophagidae) dentro de los nidos. *B. atratus* es la especie más estudiada del género en Colombia, incluyendo estudios de cría en cautiverio y polinización dirigida en cultivos como se verá mas adelante.

Otros trabajos realizados con *B. atratus* son los de Garófalo *et al.,* (1986), quienes estudiaron la biología reproductiva de *B. atratus* en Brasil. Dichos autores encontraron que los machos dejan el nido a los cuatro a cinco días de edad, y durante el tiempo que permanecen en el nido muestran comportamientos de sumisión como el de deshidratación de néctar. También determinaron que hay una correlación positiva entre el tamaño de los machos y la cantidad de espermatozoides producidos. El apareamiento de *B. atratus* ocurre en el suelo, principalmente entre las 900 y 1100 h. La duración del apareamiento varía entre 5 a 60 minutos, pero siendo más frecuente entre 20 a 30 minutos. Las reinas se aparean hasta con tres machos, y los machos pueden apareare hasta con cuatro reinas. Silva-Matos y Garófalo (2000) realizaron la tabla de vida de *B. atratus* en colonias mantenidas en laboratorio, pero a las obreras se les permitía salir a forrajear, encontrando que la longevidad promedio es de 24 ± 9 días, con un máximo de 50 días.

ECOLOGÍA DEL GÉNERO *Bombus* EN COLOMBIA

En cuanto estudios ecológicos sobre *Bombus* en Colombia, Cuervo (2002) estudió los mecanismos de coexistencia de tres especies en el Parque Nacional Natural Chingaza: *B. funebris, B. rubicundus* y *B. hortulanus*; evaluó si las diferencias morfológicas, en especial longitud de la lengua, podían explicar la coexistencia de estas tres especies. En este estudio la especie más frecuente fue *B. rubicundus*, seguida de *B. funebris* y *B. hortulanus*, cada una con intervalos altitudinales diferentes (*B. rubicundus* entre los 2900 y 3300 msnm, *B. funebris* entre 3100 y 3750 msnm y *B. hortulanus* entre 2650 y 3200 msnm) pero con solapamiento de las tres especies entre los 3000 y 3200 msnm. Los resultados mostraron que las tres especies tienen alta similitud en la longitud de sus lenguas, por lo que deben existir otros mecanismos que permitan su coexistencia.

Basado en los resultados de Cuervo (2002), Rubio (2012) evaluó si la distribución de recursos florales podía explicar la coexistencia de las tres especies de *Bombus*. En dicho estudio, el número de plantas visitadas por las especies de abejorros cambió en diferentes altitudes, por ejemplo, donde *B. funebris* es más abundante, visita cinco especies de plantas, pero donde es menos frecuente presenta más constancia floral, visitando un menor número de especies vegetales. Estas tendencias sugieren que hay cambios en las estrategias forrajeras de los abejorros, y que estos cambios pueden maximizar la eficiencia en la colecta de los recursos o evitar la competencia entre las especies.

Pinilla-Gallego y Nates-Parra (2015) obtuvieron resultados que apoyan la hipótesis de Rubio (2012) sobre la competencia entre especies de *Bombus*. Esos autores estudiaron los visitantes florales del agraz (*Vaccinium meridionale*) en Cundinamarca y Boyacá, y encontraron que *B. hortulanus y B. rubicundus* son los más frecuentes después de *A. mellifera* (Fig.8.2 a y b); la frecuencia de visitas de *B. hortulanus* mostró un patrón similar al de *A. mellifera*, mientras que el patrón de visitas de *B. rubicundus* sobre *V. meridionale* se vió restringido únicamente a horas de la mañana y de la tarde, coincidiendo con las horas de menor actividad de *B. hortulanus* y *A. mellifera.* Estas observaciones sugieren una estrategia para evitar la competencia con otras especies que son más abundantes.

Por otro lado, también hay estudios que muestran que las diferencias morfológicas entre las especies de *Bombus* pueden tener efectos a la hora de visitar las plantas. Riveros *et al.*, (2006) encontraron que las hembras de *B. rubicundus* y *B. hortulanus* son ladronas de néctar de *Digitalis purpurea*, ya que tienen lenguas cortas que no les permiten acceder a los nectarios de forma legítima, sin embargo, los machos si logran llevar gran cantidad de polen a los estigmas de las flores. *B. atratus*, que tiene la lengua más larga y menor tamaño corporal puede acceder de forma legítima a las flores, lo que lo convierte en un polinizador potencial.

En el caso de *B. atratus*, se ha estudiado de forma más detallada su potencial como polinizador de plantas cultivadas de interés comercial tales como el tomate (Cruz-Suarez y Cure, 2005; Aldana *et al*., 2007; Bernal 2007; Morales, 2008), uchuva (Camelo *et al*., 2004), lulo (Rodríguez, 2006; Almanza, 2007; Chavarro, 2007), mora (Zuluaga, 2011), fresa (Poveda *et al*., 2012; Pérez, 2014), pimentón (Pacateque *et al*., 2012a; Pacateque, 2014) y trébol rojo (Lobaton *et al*., 2012).

Con la finalidad de entender el efecto de los insecticidas más importantes utilizados en cultivos comerciales de tomate en Colombia, Riaño (2012), realizó un trabajo sobre toxicidad tópica y por ingestión de estos productos en obreras de *B. atratus*, con resultados muy contundentes, sobre sus efectos negativos bajo condiciones de laboratorio, utilizando los protocolos establecidos para *Apis mellifera* (ver resumen en Riaño *et al*., 2012).

CRIA EN CAUTIVERIO DE *BOMBUS* EN COLOMBIA

Con el inicio de observaciones básicas, en campo y laboratorio, de las especies *B. atratus* (Álvarez *et al*., 2005; Rojas, 2006; Riaño y Velosa, 2007; Cruz-Suárez *et al*., 2007; Gómez y Torres, 2008; Villamil, 2013), *B. hortulanus* (Rubio, 2003; Álvarez, 2005) y *B. rubicundus* (Aguilar, 2004; Bernal *et al*., 2005b; Guerrero, 2014), el Grupo de Biodiversidad y Ecología de Abejas Silvestres (Beas) de la U. Militar Nueva Granada se ha interesado en las especies de *Bombus* de la Sabana de Bogotá y sus alrededores.

El grupo ha estudiado aspectos relacionados con la cría en cautiverio de las especies mencionadas, la morfología de los nidos, cuantificación de la cantidad de alimento necesario para el crecimiento de las colonias, tasas de producción de celdas y factores determinantes de la producción de sexuados, así como información sobre las plantas silvestres visitadas por ellas (Cruz, 2006; Pacateque *et al.*, 2012; Padilla *et al.*, 2013; Padilla, 2014).

Los trabajos de cría se iniciaron a través de un convenio de cooperación entre el Instituto de Abejas de la Universidad de Bonn, Alemania (hoy Department of Ecology of Cultural Landscape – Animal Ecology – Faculty of Agriculture, Institute of Crop Science and Resource Conservation), liderado por el Profesor Dieter Wittmann y la UMNG, lo que permitió conocer a fondo la metodología europea para la producción en cautiverio de *B. terrestris* especie que pertenece al grupo de los abejorros almacenadores de polen que tradicionalmente ha sido considerado el grupo con mayores posibilidades para su cría en cautiverio. De los abejorros estudiados por el grupo BEAS, *B. hortulanus* y *B. rubicundus* son almacenadores de polen, mientras que *B. atratus* es constructor de bolsillos. La metodología de cría para *B. atratus*, a partir de la colaboración con Alemania, es un desarrollo local, reconociendo la importancia de los trabajos realizados por varios investigadores precedentes en su interés por esta especie (por ejemplo Sakagami *et al.*, 1967; Garófalo, 1979, 1995; Garófalo *et al.*, 1986; Silva-Matos y Garófalo, 2000).

Actualmente el potencial de *B.atratus* en el mercado de cultivadores de solanáceas se reconoce internacionalmente y se sabe en la comunidad académica que empresas extranjeras tramitan ante las autoridades ambientales licencias para comercializar nidos de Algunos estudios bionómicos realizados en la UMNG encontraron nuevas características, que se espera permitan aclarar la identidad taxonómica de *B. robustus* y *B. hortulanus*. Lo que hasta ahora se reconoce como *B. hortulanus* es una especie que produce reinas muy rápidamente y los machos presentan comportamiento diferenciado frente al de las otras dos especies (Alvarez, 2005; Guerrero, 2014). *B. rubicundus* es una especie cada vez menos abundante en el medio natural y su bionomía es contrastante con la de las otras especies de la región, por lo que tiene un gran interés biológico.

En cuanto a inquilinos y parásitos de las colonias, Rubio (2003) encontró nidos de *B. hortulanus* atacados por mariposas de la familia Tineidae (Lepidoptera) y Aguilar (2005) reporta en *B. rubicundus* adultos parasitados por Conopidae (Diptera), En varios nidos también se encontraron Cryptophagidae (Coleoptera), y Phoridae (Diptera) Pinilla *et al.*, (2013) realizaron un levantamiento de ácaros que conviven dentro de las colonias de nidos silvestres de *B. atratus* encontrando especies de cinco familias saprófitas.

Conclusión

Los abejorros del genero Bombus, animales carismáticos y elementos faunísticos típicos, aunque no exclusivos de las tierras frías, deben continuar siendo tema de estudio y objeto de conservación. La historia natural de la mayoría de las especies colombianas es desconocida, así como su fenología y sus relaciones con las plantas usadas como recurso. Es también necesario realizar estudios sobre la sospecha que sus poblaciones están disminuyendo por cuenta del manejo agronómico de las áreas cultivadas y de la expansión de la frontera agrícola. Su papel en el conjunto de los servicios ecosistémicos de polinización en áreas naturales y en cultivos de tierras frías y templadas apenas está empezando a ser reconocido y podría llegar a ser aún más importante en el futuro si se lleva a cabo la comercialización de nidos por parte de empresas especializadas.

REFERENCIAS

Abrahamovich AH. Díaz B. Bumble bees of the Neotropical Region (Hymenoptera: Apidae) Biota Col. 2002; 3(2): 199-214.

Abrahamovich AH, Diaz N, Morrone J. Distributional patterns of the neotropical and Andean species of the genus *Bombus* (Hymenoptera: Apidae). Acta Zool Mex. 2004;20(1):99-117.

Aguilar ML. Biología de nidificación de *Bombus rubicundus* Smith (Hymenoptera: Apidae) en condiciones de cautiverio. (Tesis de pregrado). Universidad Militar Nueva Granada. Facultad de Ciencia Básicas. 2004; 57 pp.

Almanza M. Management of *Bombus atratus* bumblebees to pollinate lulo (*Solanum quitoense* L), a native fruit from the Andes of Colombia. Ecology and Development Series. Cuvillier Verlag. Bonn. 2007; 113 pp.

Aldana J, Cure J, Almanza M, Vecil D, Rodríguez D. Efecto de *Bombus atratus* (Hymenoptera: Apidae) sobre la productividad de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) bajo invernadero en la Sabana de Bogotá, Colombia. Agron Colomb. 2007;25(1):62-72.

Álvarez C. Iniciación de colonias de abejorros de la especie *Bombus hortulanus* (Friese) (Hymenoptera: Apidae) en cautiverio. Rev Fac Cien Basic. 2005; 1(1):46.

Álvarez C, Bernal S, Cure J. Diferencias alimenticias de tres especies de abejorros nativos. Rev Fac Cien Basic. 2005;1(1):64-65.

Bernal S. Oferta floral de cuatro híbridos de tomate bajo invernadero y efecto de la polinización con *Bombus atratus* en dos de ellos (Hymeoptera: Apidae). (Tesis de pregrado). Facultad de Ciencias Básicas. Universidad Militar Nueva Granada. 2007; 60 pp.

Bernal S, Almanza M, Cure J. Iniciación de reinas de *Bombus rubicundus* (Hymenoptera: Apidae) en condiciones de cautiverio. V coloquio de insectos sociales- IUSSI. Universidad del Valle, Colombia. 2005a.

Bernal S, Aguilar ML, Almanza M, Cure J. Iniciación y adaptación de reinas de *Bombus rubicundus* Smith (Hymenoptera: Apidae) en condiciones de cautiverio. Rev Fac Cien Basic. 2005b;1(1):52-55.

Camelo L, Díaz L, Cure J, Almanza M. Morfología floral de la uchuva y comportamiento de visitas de la especie de abejorros *Bombus atratus* (Hymenoptera: Apidae) bajo invernadero. En Memorias del XXXI Congreso de la Sociedad Colombiana de Entomología SOCOLEN. Bogotá. 2004.

Cameron SA, Whitfield JB, Cohen M, *et al*. Novel use of walking trails by the Amazonian bumble bee, *Bombus transversalis* (Hymenoptera: Apidae). Entomological contribution in memory of Byron A. Alexander. Univ Kans Nat His Mus- Special Publication. 1999; 24(1):187-193.

Cameron Sa, Hines HM, Williams PH. A comprehensive phylogeny of the bumble bees (Bombus). Biol J Linn Soc. 2007;91(1):161-188. DOI: 10.1111/j.1095-8312.2007.00784.x

Chavarria G. Notes on a combined nest of *Bombus Pullatus* (Hymenoptera: Apidae) and *Acromyrnex octospinosus* (Hymenoptera: Formicidae). J Kans Entomol Soc. 1996; 69(4): 404-405.

Chavarro N. Determinación de características reproductivas del lulo (*Solanum quitoense*) y efecto de la polinización con *Bombus atratus* (Hymenoptera: Apidae) sobre la producción. (Tesis de Maestría). Facultad de Ciencias Básicas. Universidad Militar Nueva Granada. 2007; 65 pp.

Cruz O. Determinación de las diferencias de las dietas de tres especies de abejorros del género Bombus en sus ambientes naturales mediante análisis palinológico. (Tesis de pregrado). Facultad de Ciencias Básicas. Universidad Militar Nueva Granada. 2006; 52 pp.

Cruz-Suarez P, Almanza M, Cure J. Logros y perspectivas de la cría de abejorros del género *Bombus* en Colombia. Rev Fac Cien Bas. 2007; 3(1): 49-60.

Cruz-Suarez P. Cure J. Oferta de pólen a lo largo del ciclo de producción del tomate (*Lycopersicum esculentum*) variedad Durinta, en la sabana de Bogotá bajo condiciones de invernadero. Rev Fac Cien Basic. 2005: 56-58.

Cuervo MA. Mecanismos de coexistencia de la comunidad de abejorros (Hymenoptera: Apidae: *Bombus*) del Parque Nacional Natural Chingaza (Cundinamarca). (Tesis de pregrado). Departamento de Biología. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional de Colombia. 2002; 70 pp.

Dogterom MH, Matteoni JA, Plowright R. Pollination of Greenhouse Tomatoes by the North American *Bombus vosnesenskii* (Hymenoptera : Apidae). J Econ Entomol. 1998; 91(1): 71–75.

Garófalo CA. Observações Preliminares Sobre a Fundação Solitária de Colônias de *Bombus (Fervidobombus) atratus* Franklin (Hymenoptera, Apidae). Bol Zool. 1979; 4(1): 53-64.

Garófalo CA. Observations on the development of queenless colonies of *Bombus atratus* (Hymenoptera, Apidae). J Apic Res. 1995; 34(4): 177-185.

Garófalo CA, Zucchi R, Muccillo G. Reproductive studies of a neotropical bumblebee *Bombus atratus*. Rev Brasil Genet. 1986; 9(2): 231-243.

Gómez J, Torres E. Evaluación de diferentes tipos de dieta para la iniciación de colonias de abejorros *Bombus atratus* (Hymenoptera: Apidae) en cautiverio. (Tesis de pregrado). Facultad de Ciencias Básicas. Universidad Militar Nueva Granada. 2008; 47 pp.

González VH, Mejía A, Rasmussen C. Ecology and Nesting Behavior of B*ombus atratus* Franklin in Andean Highlands (Hymenoptera: Apidae). J Hym Res. 2004; 13(2): 234–242.

Goulson D. Bumblebees, behavior, ecology and conservation. 2ª ed. Nueva York: Oxford University Press. 2010; 317 pp.

Goulson D, Lye GC, Darvill B. Decline and conservation of bumblebees. Ann Rev Entomol. 2008; 53(1): 191-208. DOI: 10.1146/annurev.ento.53.103106.093454

Guerrero M. Contribución al conocimiento de la bionomia de *Bombus hortulanus*, especie nativa de Los Andes. (Tesis de pregrado). Facultad de Ciencias Básicas. Universidad Militar Nueva Granada. 2014; 53 pp.

Heinrich B. Bumblebee Economics. 2 ed. Cambridge: Harvard University. 2004; 288 pp.

Hines HM. Historical biogeography, divergence times, and diversification patterns of bumble bees (Hymenoptera: Apidae: Bombus). Syst Biol. 2008; 57(1): 58-75. DOI: 10.1080/10635150801898912

Hines HM, Cameron SA, Deans AR. Nest architecture and foraging behavior in *Bombus pullatus* (Hymenoptera: Apidae), with comparisons to other tropical bumble bees. J Kans Entomol Soc. 2007; 80(1):1-15.

Hoffmann W, Torres A, Neumann P. A scientific note on the nest and colony development of the Neotropical bumble bee *Bombus (Robustobombus) melaleucus*. Apidologie. 2004; 35(1): 339-340.

Janzen D H. The ecological significance of an arboreal nest of *Bombus pullatus* in Costa Rica. J Kans Entomol Soc. 1971; 44(2): 210-216.

Liévano A, Ospina-Torres R, Nates-Parra G. Distribución altitudinal del género *Bombus* en Colombia (Hymenoptera: Apidae). Trianea. 1991; 4(1): 541-550.

Liévano A, Ospina-Torres R, Nates-Parra G. Contribución al conocimiento de la taxonomía del género *Bombus* en Colombia (Hymenoptera: Apidae). Trianea. 1994; 5(1): 221-233.

Lobatón JD, Cure J, Almanza M. Fenología y oferta floral de trébol rojo *Trifolium pratense* (Fabales: Fabaceae) en praderas de kikuyo *Penissetum clandestinum* (Poales: Poaceae), como fuente de alimento para *Bombus atratus* (Hymeoptera: Apoidea). Rev Fac Cien Basic. 2012; 8(1): 18-27.

Michener CD. The Bees of the World. 2nd. Ed. Johns Hopkins, Baltimore. 2007: 992 pp.

Milliron HE. A monograph of the Western Hemisphere Bumblebees (Hymenoptera: Apidae;-Bombinae). II. The genus *Megabombus*, Subgenus *Megabombus*. Mem Entomol Soc Can. 1973; 89: 81-236.

Morales C. Evaluación de colonias de *Bombus atratus* en cultivo comercial de tomate bajo invernadero. (Tesis de pregrado) Facultad de Ciencias Básicas. Universidad Militar Nueva Granada. 2008; 56 pp.

Morantes J. Algunos aspectos de la biología reproductiva de machos de *Bombus atratus* (Hymenoptera: Apidae) producidos en colonias criadas en condiciones de campo y laboratorio en el campus Cajicá de la Universidad Militar Nueva Granada. (Tesis de pregrado). Facultad De Ciencias Básicas, Universidad Militar Nueva Granada. 2013; 72 pp.

Nates-Parra G. Abejas Corbiculadas de Colombia. Hymenoptera: Apidae. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 2005. 152 pp.

Nates-Parra G, Parra-HA, Rodríguez A, Baquero P, Vélez E. Abejas silvestres (Hymenoptera: Apoidea) en ecosistemas urbanos: Estudio en la ciudad de Bogotá y sus alrededores. Rev Colomb Entomol. 2006; 32(1): 77-84.

Natural History Museum. UK. http://www.nhm.ac.uk/researchcuration/research/projects/bombus/_key_colour_world/worldcolourkey.html#using (consultado el 10 de diciembre del 2013).

Ospina-Torres R, Liévano A, Nates-Parra G. El patrón de coloración del abejorro social *Bombus atratus*, Franklin en Cundinamarca, Colombia: una población diferenciada. Rev Biol Trop. 1987; 35(1): 317–324.

Pacateque J. Eficiencia de polinización del abejorro *Bombus atratus* (Hymenoptera: Apidae) en el cultivo de pimentón (*Capsicum annum*). (Trabajo de pregrado). Facultad de Ciencias Básicas y Aplicadas. Universidad Militar Nueva Granada. 2014. 43 pp.

Pacateque J, Riaño D, Aguilar ML, Cure J. Behavior foraging of *Bombus atratus* (Hymenoptera: Apidae) in sweet pepper crop (*Capsicum annum* var. Robledo) in greeenhouses. X Encontro sobre Abelhas. Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil.. 2012; 239-240.

Pacateque J, Cruz P, Aguilar ML, Cure J. Efecto de la alimentación vía bolsillo en etapas tempranas de desarrollo *de Bombus atratus* (Hymenoptera, Apidae). Rev Colomb Entomol. 2012b; 38(1): 343-346.

Padilla S, da Silva CI, Cure JR. Técnicas de palinología como herramienta para el estudio de recursos florales utilizados por *Bombus atratus* (Hymenoptera: Apidae). XLVIII Congreso Nacional de Ciencias Biológicas. Universidad del Bosque. 2013.

Padilla S. Producción de sexuados de colonias de *Bombus atratus* (Hymenoptera, Apidae) bajo condiciones semi-controladas. (Tesis de Maestría). Facultad de Ciencias Básicas. Universidad Militar Nueva Granada. 2014; pp.82..

Pardo L, Jiménez L. Observación de rango de vuelo de *Bombus atratus* (Hymenoptera: Apidae) en ambientes urbanos. Acta Biol. Colomb. 2006;11(2):131-136.

Pérez MM. Evaluación del abejorro *Bombus atratus* Franklin (Hymenoptera: Apidae) como polinizador en fresa *(Fragaria* x ananassa Duch. 'Camarosa') bajo invernadero. (Tesis de Maestría) Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. 2014; 118 pp.

Pinilla CE, Aguilar ML, Combita-Heredia JO. Ácaros (Acari) Presentes en colonias de *Bombus atratus* Franklin (Hymenoptera: Apidae)" VIII Congreso Latinoamericano de Entomología - XLVIII Congreso Nacional De La SME. Entomol Mex. 2013; 12(1): 112-116.

Pinilla MS, Aguilar ML, Cure J. Relación del tamaño de las obreras y la distribución de labores en colonias de *Bombus atratus* (Hymenoptera:Apidae). Rev Fac Cien Basic. 2012a; 8(1): 34-41.

Pinilla MS, Aguilar ML, Cure J. Effect of the environment on the longevity and number of workers of *Bombus atratus* colonies. X Encontro sobre Abelhas. Ribeirão Preto, São Paulo. Brasil. 2012: 346-347.

Pinilla-Gallego MS, Nates-Parra G. Visitantes florales y polinizadores en poblaciones silvestres de agraz (*Vaccinium meridionale*) del bosque andino colombiano. Rev Colomb Entomol. 2015;41(1):112-119.

Poveda C, Aguilar ML, Riaño DA, Pérez MM. Foraging behavior of *Bombus atratus* (Hymenoptera, Apidae) in strawberry crops (*Fragarea* x *ananassa*) in greenhouse. X encontro sobre abelhas. Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil**.** 2012; **213-214**.

Read PEC, Donovan BJ, Griffin RP. Use of Bumble bees, *Bombus terrestris*, as pollinators of kiwifruit and lucerne in New Zealand. N Z Entomol. 1989; 12(1): 19-23. DOI:10.1080/00779962.1989.9722558

RiañoD. Efecto letal agudo de los ingredientes activos Imidacloprid, Spinosad y Thiocyclam hidrogenoxalato en sus formulaciones comerciales en obreras de *Bombus atratus* (Hymenoptera: Apidae). (Tesis de Maestría). Facultad de Ciencias Básicas.. Universidad Militar Nueva Granada .2012.

Riaño D, Cure J, Aguilar ML. Lethal effect of imidacloprid and thiocyclam hdrogenoxalate comercial formulations in *Bombus atratus* (Hymenoptera: Apidae) workers. X Encontro de Abelhas. Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil. 2012; 238-239.

Riaño D, Veloza M. Diferencias en el desarrollo de colonias de *Bombus atratus* (Hymenoptera: Apidae) criadas en condiciones de cautiverio y colonias criadas en condiciones de semi-cautiverio con libre forrajeo. (Tesis de pregrado). Facultad de Ciencias Básicas. Universidad Militar Nueva Granada. 2007; 75 pp.

Riveros AJ, Hernández EJ, Nates-Parra G. Morphological constraints and nectar robbing in three andean bumble bee species (Hymenoptera, Apidae, Bombini). Caldasia. 2006; 28(1): 111-114.

Rodríguez M. Estudio del sistema reproductivo del lulo bajo polisombra en la Sabana de Bogotá. (Tesis de pregrado). Facultad de Ciencias Básicas. Universidad Militar Nueva Granada. 2006; 65 pp.

Rojas D. Dinámica de crecimiento de una colonia de *Bombus atratus* (Hymenoptera: Apidae) en condiciones de cautiverio y en condiciones de campo en un cultivo de lulo (*Solanum quitoense* Lam) var *septentrionale* bajo polisombra. (Tesis de pregrado). Facultad de Ciencias Básicas. Universidad Militar Nueva Granada. 2006; 73 pp.

Rojas D, Cure J. Desarrollo de colonias de *Bombus atratus* (Hymenoptera: Apidae) en cautiverio durante la etapa subsocial. Rev Fac Cien Basic. 2012; 8(1): 28-33.

Rubio D. Biología de nidación de *Bombus hortulanus*. (Tesis de pregrado). Facultad de Ciencias Básicas. Universidad Militar Nueva Granada. 2003; 45 pp

Rubio D. Disponibilidad, uso y preferencia por los recursos florales en una comunidad de abejorros (Hymenoptera: Apidae: *Bombus*) en el páramo de Chingaza. (Tesis de Maestría). Departamento de Biología. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional de Colombia, 2012; 70 pp.

Sakagami SF, Akahira Y, Zucchi R. Nest architecture and brood development in a neotropical bumblebee, *Bombus atratus*. Insectes Soc. 1967; 4(4): 389-414. DOI: 10.1007/BF02223686

Sampson BJ, Cane JH. Pollination efficiencies of three bee (Hymenoptera: Apoidea) species visiting rabbiteye blueberry. J Econ Entomol. 2000; 93(6): 1726-1732. DOI: http://dx.doi.org/10.1603/0022-0493-93.6.1726

Serrano A, Guerra-Sanz JM. Quality fruit improvement in sweet pepper culture by bumblebee pollination. Sci Hortic. 2006; 110(2): 160-166. DOI: 10.1016/j.scienta.2006.06.024

Silva Matos EV, Garofalo CA. Worker life table, survivorship, and longevity in colonies of *Bombus (Fervidobombus) atratus* (Hymenoptera: Apidae). Rev Biol Trop. 2000; 48(2-3): 657-664.

Taylor OM, Cameron SA. Nest construction and architecture of the Amazonian bumble bee (Hymenoptera : Apidae). Apidologie. 2003; 34(1): 321–331.

Vega L, Hoffmann W, Torres A. Estructura del nido y comportamiento de forrajeo de *Bombus excellens* (Hymenoptera: Apidae). IX Coloquio de Insectos Sociales IUSSI. Universidad del Valle. 2013; 47-48.

Villamil M. Comportamiento reproductivo de *Bombus atratus* (Hymenoptera: Apidae) en el laboratorio e invernadero. Proyecto de Iniciación Científica. Facultad de Ciencias Básicas. Universidad Militar Nueva Granada. 2013; 53 pp

Williams P, Osborne JL. Bumblebee vulnerability and conservation world-wide. Apidologie. 2009; 40(3): 367-387.

Zuluaga J. Evaluación de la actividad polinizadora de *Bombus atratus* (Hymenoptera: Apidae) en un cultivo de mora de castilla (*Rubus glaucus*). (Tesis de pregrado). Facultad de Ciencias Básicas .Universidad Militar Nueva Granada. 2011; 40 pp.

CAPÍTULO 9

ABEJAS DE LAS ORQUÍDEAS (HYMENOPTERA: APIDAE: EUGLOSSINI) Y SU IMPORTANCIA COMO POLINZADORAS DE AMPLIO RANGO EN ECOSISTEMAS NATURALES.

Alejandro Parra-H[2,3] Ph.D., Joel Tupac Otero[1] Ph.D., Juan Carlos Sandino[1,4] M. Sc., Rodulfo Ospina Torres[2] Ph.D.

[1] Instituto de Estudios Ambientales. Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira.
[2] Departamento de Biología, Laboratorio de Investigaciones en abejas, Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá
[3] Corporación para la Gestión de Servicios Ecosistémicos, Polinización y Abejas - SEPyA
[4] Serraniagua - Organización ambiental comunitaria.SIG Ambiental Comunitario y Gobernanza Propia.Serranía de los Paraguas - Colombia
varnishpt@gmail.com, *jtoteroo@unal.edu.co*; *jc.sandino@gmail.com*, *rospinat@unal.edu.co*.

INTRODUCCIÓN

La fauna de polinizadores en el Neotrópico está compuesta por un sinnúmero de especies que por su particular biología y comportamiento juegan un papel decisivo en la manutención de la diversidad genética de las plantas que visitan (Proctor *et al*., 1996; Kay, 2009). Esta diversidad está representada principalmente por abejas entre las cuales existe, de igual manera, una gran diversidad de formas y comportamientos estrechamente relacionados con la variabilidad de ofertas que sus hospederas, las plantas con flor ofrece (Stebbins, 1970; Pellmyr y Thien, 1986; Michener, 2007). Las abejas de las orquídeas (Apidae: Euglossini) o abejas euglosinas son un ejemplo de singularidad biológica. Han llamado la atención desde la época de Crüger (1865) y Darwin (1862) debido a su vistosa coloración y comportamiento de visita a algunas orquídeas. Fueron Dodson *et al*. (1969) quienes revelaron el secreto de esta relación, mostrando a la comunidad científica que dicha correspondencia, que atraía únicamente a los machos de abejas euglosinas, involucraba la producción de fragancias por parte de la planta y que subsecuentemente eran colectadas y almacenadas por estos en un comportamiento único en el reino animal.

Más allá de la llamativa coloración de las abejas de las orquídeas y su particular relación con las orquídeas, las abejas euglosinas son especiales por poseer una capacidad de vuelo sobresaliente, ser visitantes de otras familias de plantas con densidades poblacionales bajas y por no desarrollar sus nidos de manera social como lo hacen sus parientes

más cercanos (abeja de la miel, abejorros sociales o de páramo y abejas sin aguijón) (Nates-Parra, 2005; Parra-H y Nates-Parra, 2012). Debido a esto, este grupo de polinizadores es único en términos ecológicos al mismo tiempo que pueden ofrecer respuestas a preguntas sobre la evolución del comportamiento social avanzado.

Considerando lo anterior, pretendemos con este capítulo presentar algunas generalidades del grupo, para posteriormente hacer énfasis en algunos aspectos de la biología de los Euglossini. Se muestran aspectos como las principales metodologías de muestreo, la importancia de los inventarios que se han realizado y el uso de la ecología de comunidades y poblaciones de Euglossini para identificar la calidad del hábitat, entre otros.

Generalidades de la Tribu Euglossini.

Distribución, biogeografía y diversidad.

Las abejas euglosinas están distribuidas únicamente en los trópicos americanos desde el México hasta el norte de Argentina (Roubik y Hanson, 2004) sin embargo existen registros de algunas especies fuera de esta área (Pemberton y Wheeler, 2006; Skov y Wiley, 2007). De igual manera se ha reportado nuevos rangos en la distribución de algunas especies que se consideraban restringidas a ciertos biomas (Nemésio y Silveira, 2004, 2006, Parra-H y Nates-Parra, 2007), lo que sugiere que dicha distribución para la tribu en el Neotrópico es mucho más compleja de lo que hemos podido documentar o están ocurriendo eventos en los ecosistemas que generan estructuración de las poblaciones haciéndolas más dinámicas en términos de desplazamiento y ocupación.

En Colombia la situación es parecida. Estas abejas son especialmente abundantes en bosques húmedos y de tierras bajas y rara vez se han observado por encima de 2000 msnm (Nates-Parra, 2005). Eventualmente se han colectado algunas especies por encima de esta altitud (hasta 3000 msnm) creyéndose que están transitando hacia otras regiones o se han registrado especies que se consideraban únicas de por ejemplo Centro América o la Amazonía venezolana (Nates-Parra, 2005; Parra-H y Nates-Parra, 2012).

En Colombia la tribu está representada por 134 especies pertenecientes a sus cinco géneros: *Aglae* (monotípico) y *Exaerete* (5 especies) géneros parásitos de otros euglosinos, *Eulema* (20 especies), *Eufriesea* (34 especies) y *Euglossa* (74 especies) que comprenden espécies de vida libre (Parra-H y Nates-Parra, 2012). Como mencionado, la mayor riqueza de especies se encuentra en la región Amazónica y Pacífica, aun cuando se cree que esta riqueza por regiones naturales está sesgada por falta de muestreos sistemáticos en, por ejemplo, el Caribe colombiano (Parra-H y Nates-Parra, 2012).

La taxonomía de Euglossini se ha construido principalmente sobre caracteres de los machos, gracias a la intensificación en las colectas por medio de fragancias artificiales. En Colombia los trabajos más relevantes comenzaron con el estudio de Bonilla-Gómez y Nates-Parra (1992) quienes además de colectar, compararon material de museos con ejemplares

de referencia proponiendo la primera clave de abejas euglosinas para el territorio nacional. Desde entonces han sido numerosas las contribuciones al conocimiento de la diversidad por región de abejas euglosinas en las que se registra y describen nuevas especies (Dressler y OspinaTorres, 1997; Ospina-Torres y Sandino, 1997; Ramírez, 2005, 2006; Parra-H *et al*., 2006).

Falta mucho por conocer, especialmente si consideramos la gran complejidad morfológica de algunas especies de abejas euglosinas que por su parecido son difíciles de separar (Roubik, 2004). A esto se le suma que muchas de estas abejas no son atraídas a cebos químicos por lo cual no existe material para vislumbrar similitudes y diferencias y menos determinar sus rangos de distribución.

Abejas euglosinas y su relación con las flores.

Las abejas euglosinas son llamadas "de las orquídeas" por su brillante coloración y por la estrecha relación de dependencia con algunas subtribus de Orchidaceae (Roubik y Hanson, 2004; Michener, 2007). Esta relación los compuestos aromáticos son producidos en células especializadas (osmóforos) en la superficie de las partes florales de las orquídeas (Bembé, 2004). Los machos poseen estructuras modificadas en las patas anteriores con las que raspan la superficie donde se encuentran los osmóforos. A su vez, aplican una secreción mandibular con la que disminuyen la volatilidad de los compuestos para a través de un área cubierta de pilosidad en las tibias medias (lunar afelpado) depositarlos en la tibia posterior que se encuentra modificada en forma de una cavidad ensanchada con una única hendidura. Por ésta entra la mezcla de compuestos y es almacenada en el interior que presenta un tejido reticulado (Eltz *et al*., 1999, 2005).

Se ha aseverado que las fragancias tienen un papel sexual (Roubik y Hanson, 2004). El macho utilizaría esta mezcla para atraer a las hembras y luego aparearse. Sin embargo, esto no ha sido comprobado y considerando los análisis anatómicos y funcionales de las estructuras de colecta es posible que las fragancias sean importantes también en otras facetas de la vida de los machos como por ejemplo el marcaje de dormitorios (Bembé, 2004). Las orquídeas que presentan este conjunto de características para atraer a los machos de Euglossini son a veces estrictamente visitadas por pocas o una sola especie de abeja (Ackerman, 1983). Esto hace que la relación de dependencia sea aún más crucial ya que la correcta fertilización dependerá de una delicada estabilidad en la estructura de las poblaciones de sus polinizadores y condiciones ecosistémicas que permitan la presencia del macho y subsecuente transporte del polen (Ramírez *et al*., 2011).

Por otro lado, parece que los machos no son en todos los casos dependientes de las flores para la consecución del recurso aromático. Estos compuestos, de índole terpenoide, son producidos por muchas otras plantas de distintas familias y se encuentran también como metabolitos secundarios producto de la descomposición de madera por parte de hongos e inclusive se encuentran en las heces de mamíferos (Roubik y Hanson, 2004). Se cree que la colecta evolucionó como una relación de "aprovechamiento" por parte de este grupo de orquídeas de un comportamiento preexistente en los machos (Braga *et al*., 2003).

Entre los principales de grupos de orquídeas que presentan este síndrome de polini-

zación por abejas euglosinas (síndrome euglosinófilo) se encuentran las subtribus Catasetinae y Stanhopeinae, un grupo de especies conocidas como complejo *Chondrorhyncha* y algunas representantes de Oncidiinae, Lycastinae y Zygopetalinae (Roubik y Hanson, 2004). Otras fuentes de terpenoides diferentes a orquídeas son algunas Araceae (*Anthurium*), Gesneriaceae (*Gloxinia*) y Amarayllidaceae (*Crinum*) entre otros (ver Roubik y Hanson, 2004). Sean precursores de feromonas o "algo más" las fragancias asociadas a la complejidad morfológica tanto de la planta como la abeja es una intrincada relación que tienen una importancia decisiva en la reproducción de la orquídea y la historia de vida de macho. Esta parece ser asincrónica en la historia evolutiva de ambos organismos (Ramírez *et al.*, 2011) y que en todos los casos merece seguir siendo estudiada.

Entre las otras flores que son visitadas por abejas euglosinas están a aquellas familias de plantas que ofrecen néctar. El néctar es una fuente de energía utilizada tanto por machos como por hembras y se ha observado que ambos sexos tienden a visitar las mismas especies vegetales. Existen orquídeas que ofrecen néctar pero no fragancias, por lo que se les excluye del síndrome de polinización euglosina. Algunas de estas orquídeas pertenecen a los géneros *Cattleya, Sobralia, Cischweinfia, Cochleanthes, Ionopsis, Maxillaria, Rodriguezia, Xylobium* y *Sarcoglotis* (Roubik y Hanson, 2004). Las flores de estas especies poseen nectarios extremadamente profundos y guían a su polinizador utilizando el labelo (pétalo modificado a manera de plataforma, típico de la familia Orchidaceae). Con esto se asegura la adhesión al cuerpo de la abeja del polinario (estructura en las orquídeas que agrupa el polen en sacos junto con un "dispositivo de agarre" para el polinizador).

Otras especies que ofrecen néctar están representadas en las familias Apocinaceae, Maranthaceae, Bignoniaceae entre otras (Roubik y Hanson, 2004). Las flores de estas plantas además de presentar también una estructura tubular, son particulares por el tipo de néctar que ofrecen (Fig. 9.1). La concentración de azúcares en estos néctares es relativamente baja comparada con otras plantas melitófilas (o que son visitadas por abejas) lo cual la abeja lo aprovecha de una manera singular. Al preferir néctares fluidos, los euglosinos consiguen tomar grandes cantidades de la solución facilitada por capilaridad debido a sus largas lenguas. Si bien la obtención de energía es baja, dicha facilitación se optimiza cuando se considera el conjunto de la capacidad de vuelo y la robustez de la abeja. Esto obliga al insecto a buscar rápidamente otras fuentes de estos mismos tipos de néctar (Ackerman *et al.*, 1982; Borrel, 2005).

Un aspecto importante de las abejas de las orquídeas como polinizadores y debido a estas preferencias, es que las abejas visitan y explotan recursos que están muchas veces dispuestos en "parches" dispersos en los bosques (por ejemplo, los jardines de marantáceas). Al acabar este recurso, la abeja tendría la capacidad de recorrer grandes distancias buscando otros parches e inclusive volver posteriormente a uno ya explotado cuando en éste se ofrece nuevamente alimento. Este comportamiento se conoce como *trap linning* y es crucial para la polinización cruzada de estas plantas que, al igual que orquídeas euglosinófilas, estarían estructuradas en bajas densidades y a través de grandes distancias (Ackerman *et al.*, 1982).

La preservación de esta relación depende de la continuidad y calidad de los bosques



Figura 9.1. Macho de *Eulaema meriana* visitando flores de *Gloxinia* en búsqueda de fragancias (Foto:A. Parra-H).

y aunque, dependiendo de su tolerancia fisiológica, algunas abejas euglosinas pueden volar a través de áreas abiertas, en general los organismos que están sujetos a la temperatura ambiental para regular la propia (poiquilotermos) se ven afectados por la desecación al exponerse a altas temperaturas (Inouye, 1975). Por esta razón la transformación de bosques en monocultivos y potreros limita el desplazamiento tanto de machos como hembras en la búsqueda de recursos. Esto afecta también directamente a sus hospederos quienes perderán variabilidad genética y éxito reproductivo al no tener contacto con sus visitantes (Roubik y Hanson, 2004).

Las resinas son un recurso floral de especial importancia para las abejas euglosinas. Este recurso es exclusivo para las hembras puesto que es utilizado como material de construcción, tarea realizada únicamente por estas en un sistema social que discutiremos posteriormente. Algunas *Dalechampia* (Euphorbiaceae) y *Clusia* (Clusiaceae) ofrecen resinas en sus flores para atraer visitantes y posibles polinizadores. Hembras de los géneros *Eulaema* y *Euglossa* buscarían activamente estas resinas con diferentes estrategias que dependerían del tamaño de la abeja. Las abejas más grandes solo buscan fuentes abundantes de resina mientras que las más pequeñas pueden explotar flores tanto con abundante como escasa oferta del recurso.

Esta relación abeja resina es un interesante ejemplo de adaptación y se presume que la planta inicialmente producía la resina como defensa contra herbívora (Armbruster, 1984). ¿Cómo se dio el paso hacia la recompensa para la polinización? ¿El comportamiento de la abeja generó presión selectiva sobre el hospedero? O, al igual que orquídeas euglosinófilas ¿es la planta la que se "aprovecha" de algún comportamiento pre establecido? Estas son preguntas que frecuentemente surgen al estudiar la biología de este grupo de abejas.

Finalmente en relación con las flores está el recurso proteínico: el polen. Este recurso es utilizado también únicamente por las hembras y que constituye el alimento de la prole. Las abejas euglosinas parecen ser diferencialmente plásticas en la búsqueda y consecución de polen. Mientras algunas especies de *Euglossa* en Brasil muestran una amplia variedad de tipos polínicos en las celdas que provisionan (Cortopassi-Laurino *et al*., 2009), estudios en el Chocó biogeográfico colombiano muestran que la visita de plantas por polen varía considerablemente por especie de abeja, época del año, altitud y especie hospedera (Ospina-Torres *et al*., 2015). Lo que estos investigadores observaron es que si bien se registraban interacciones con numerosas plantas, la subsistencia de la comunidad recae en una cantidad relativamente pequeña de estas. Si bien este estudio demostró que las abejas euglosinas en este hábitat en particular, exhiben una típica interacción planta-polinizador (red bipartita) es de destacar que la diferencia fenológica de la comunidad de plantas es determinante para la subsistencia del total de la comunidad de abejas de las orquídeas. Cambios en el hábitat podrían afectar aquellas especies que ofrecen recursos todo el año ejerciendo presión sobre las especies de abejas menos generalistas o podría conducirse a su extinción con la perdida de plantas raras en la interacción.

Las abejas de las orquídeas son interesantes polinizadores también de plantas con dehiscencia poricida. Estas plantas ofrecen polen en anteras que son cerradas y poseen un único poro para su salida. Esto significa que solo por medio de resonancia o vibración, el polinizador conseguirá extraer el recurso. En estos, todos los miembros de vida libre de la tribu son conocidos por realizar eficientemente dicha vibración ya que de modo general, las abejas euglosinas son robustas si las comparamos con la gran variedad de tamaños y fuerza de vuelo en las abejas. Es común encontrar entonces, en las celdas de cría de estas abejas, polen perteneciente a Melastomatáceas, Solanáceas, Fabáceas y Ericáceas, entre otros (Roubik y Hanson, 2004).

Incluso, si bien se enfatizó que el polen es recurso para hembras, existen algunos casos muy particulares donde los machos polinizan por zumbido a algunas plantas. Tal es el caso de *Cyphomandra* (Solanaceae) donde el macho busca obtener terpenoides en el filamento de la antera y consecuentemente la hace vibrar, extrayendo el polen allí contenido y eventualmente polinizando (Gracie, 1993).

Las relaciones de estas abejas con las plantas son intrincadas, han fascinado por su complejidad a todo aquel que se ha detenido a observarla y estudiarla y es desde muchas perspectivas un empalme de mecanismos y adaptaciones donde algunos síndromes puede ser que conlleven a otros (Roubik y Hanson, 2004). Estas relaciones, como hemos visto están inmersas en las áreas naturales que deben mantenerse de esa manera para preservar esta interesante interacción de los bosques Neotropicales.

Metodologías para el estudio de abejas de las orquídeas.

En la literatura se menciona reiteradamente la contribución de Dodson *et al.* (1969) para el avance en el conocimiento de la tribu. Como se dijo anteriormente, las fragancias sintéticas incrementaron el número de machos en las colecciones biológicas. Como es en los machos donde se observan estructuras con alto valor taxonómico, la clasificación de la tribu pudo desarrollarse significativamente, siendo Dressler (1978) quien contribuyó de manera más decisiva. La clasificación subgenérica del género *Euglossa* ofrecida por dicho autor facilitó trabajos sistemáticos sobre las posibles relaciones de parentesco de Euglossini (Cameron, 2004) abriendo el camino para una serie de inferencias evolutivas relacionadas también con sus hábitos, comportamiento y ecología.

Para la atracción de machos de Euglossini por medio de fragancias químicas existen varias metodologías o modos de disposición de los cebos. De manera general lo que se pretende es a través de un substrato impregnado con la sustancia, facilitar su evaporación y dispersión en el área que se pretende estudiar. Como sustratos se han usado principalmente papel filtro, algodón o cualquier material absorbente y a veces hasta la disposición del compuesto sobre alguna superficie en campo (como troncos o ramas). Al momento de la aproximación del macho este es colectado con redes entomológicas para sacrificio o transporte, dependiendo de las pregunta de investigación.

Otras modificaciones para atraer los machos han sido el uso de trampas McPhail, para control de moscas, llenando el compartimento del cebo para moscas con atrayentes aromáticos preferidos por los Euglossini (Bennet, 1972a). Debido a las características de este dispositivo se requieren grandes cantidades de compuesto aromático lo cual se traduce en desperdicio si consideramos que estas abejas son capaces de percibir cantidades minúsculas de los terpenoides y a grandes distancias (Eltz y Lunau, 2005).

Usando trampas van Someren-Rydon, destinadas más frecuentemente al estudio de lepidópteros, se han realizado inventarios en largos periodos de tiempo (Miller com pers). En esta metodología se dispone el cebo químico en la plataforma de la trampa y se aprovecha la tendencia en los insectos de volar hacia arriba para colectar los especímenes. Dependiendo de la frecuencia con la que se revise la trampa, se podrá realizar un muestreo no letal, de manera similar a lo propuesto por Folsom (1985) pero con un sistema más simple y fácil de transportar. El uso de estas trampas es una alternativa para exponer la fragancia en lugares de difícil acceso, como lo es por ejemplo el dosel.

Otros modelos para colectar machos euglosinos con cebos son los de botella, donde básicamente se dispone una cavidad cerrada (la botella) con una única entrada. Esta entrada direcciona al animal con un pequeño embudo y al interior se localiza un algodón u otro material absorbente impregnado con el cebo. La metodología generalmente implica la colecta de machos muertos en la trampa, aunque existen diseños no letales (Otero y Sandino, 2003; Sandino, 2004). Esta metodología de trampas de botella es práctica también para alcanzar diferentes estratos en el bosque o para colectar durante mucho

más tiempo y en más sitios particularmente, cuando hay una sola persona colectando. Las dificultades con el uso de trampas de botella se presentan por la interferencia para entrar que los mismos machos generan entre sí. Al arribar las abejas a la trampa, muchas veces se demoran en identificar la entrada y decidir ingresar por el embudo. Si la abeja es de gran porte no permitirá a otras siquiera identificar el orificio de entrada por lo que al final de un periodo de colecta, se puede haber capturado menos diversidad de especies de la que efectivamente se aproximó. Estas limitaciones y otras variables en el diseño de trampas de botella se consideran en la revisión y resultados presentados por Veiga y Barbosa (2015) donde se concluye que, en efecto, los métodos pasivos de trampas de botella son menos representativos de la diversidad de machos euglosinos presente que los muestreos activos con redes entomológicas, pero que ofrecen una alternativa eficiente para diseños de muestreos en varios sitios simultáneamente. Los dos métodos se consideran complementarios.

Independientemente del método, colectar euglosinos para cualquier fin investigativo continúa siendo un reto. La dispersión del cebo se puede ver afectada por condiciones microclimáticas disminuyendo su efectividad y además de esto, la calidad y pureza del reactivo es determinante para atraer machos. En general, para realizar un muestreo representativo se deben escoger varios puntos que permitan aumentar la probabilidad de interceptar sus rutas de forrajeo (Bonilla-Gómez, 1999), teniendo también en cuenta la heterogeneidad al interior de hábitats (Armbruster, 1993) y paisajes muestreados (Otero y Sandino, 2003; Sandino, 2004). Al mismo tiempo las réplicas temporales son determinantes debido a la estacionalidad en algunas especies y que la intensidad con la que los machos colectan fragancias varía dependiendo de la edad (Parra-H, 2014).

Otro reto es la colecta de hembras, que puede tener una solución por el hecho de existir las mismas preferencias de néctar por ambos sexos. Este hecho se ha aprovechado y con la ayuda de marcadores moleculares se ha confirmado la identidad de los individuos colectados (López-Uribe y Del Lama, 2007). De manera análoga, el uso de nidos trampa permite la obtención de ambos sexos con lo que se aumentaría la cantidad de ejemplares colectados para explorar características en las hembras de valor taxonómico. Es importante mencionar, que la metodología de nidos trampas también permite conocer otros aspectos que han sido de interés para los ecólogos y biólogos evolutivos. Por una parte se obtiene polen que nos informa el tipo de recurso y el uso que se le da para aprovisionar los nidos. Además, se considera que la arquitectura de los nidos de los euglosinos posee una relación con el tipo de interacción social (si se da) al momento de su desarrollo (Parra-H y Nates-Parra, 2009).

Herramientas estadísticas para el estudio de la biología de abejas euglosinas.

De manera general, las comunidades de euglosinos se estudian inicialmente (al igual que muchas comunidades de organismos) en función de la eficiencia del muestreo para lo cual se aplica rarefacciones o métodos de re-muestreo que permitan la aproximación

a la distribución "real" de la abundancia y riqueza de dicha comunidad. Posteriormente, es común que se analice la diversidad como la proporcionalidad de la abundancia de las especies a través de los sitios de muestreo (Shannon-Weaver) o se compare por conteo a las especies registradas dependiendo de cada lugar de colecta (Simpson). Una interesante alternativa es la comparación de la diversidad por punto de colecta, a través del contaje por sucesiones logarítmicas de Fischer. Esto permite una estimación más aproximada cuando puede existir efecto estacional sobre el conteo (Oksanen, 2011). Otro abordaje es la comparación de los sititos de colecta por similitud (o disimilitud) en la composición de especies observada (Bray-Curtis).

La ocupación del hábitat por las especies está determinada por la interacción entre varios elementos del medio ambiente y los rasgos o características fisiológicas, morfológicas y comportamentales de estas (Pianka, 1994). En ecología, criterios estadísticos robustos como el análisis de la varianza y el modelo lineal derivado se han intentado implementar en busca de patrones para estas relaciones e incluso para datos de diversidad (Hulbert 1984; Snow y Roubik, 1987). Sin embargo, este tipo de abordajes requiere de un conjunto de datos replicados cuyas frecuencias se distribuyan normalmente y lo que se ha observado es que la mayoría de dados ecológicos se generan sin cumplir estos preceptos (Hulbert, 1984; Zuur *et al*., 2010). Como se mencionó, con el uso de cebos se puede diseñar un sistema de colecta que cumpla estos requisitos siempre y cuando se estime la diversidad a través de múltiples puntos que estén distribuidos a lo largo de las variables que se pretenda correlacionar (tiempo, altitud, bioma, paisaje etc.) (ver Otero y Sandino, 2003).

Con el desarrollo de los análisis multivariados se obtuvo una herramienta para buscar patrones y ordenar la enorme cantidad de variables que pueden estar relacionadas a la biología de los organismos. En Euglossini se han usado métodos ordenativos (como por ejemplo los Análisis de Componentes Principales, Análisis de Correspondencia, MANOVA, Análisis Discriminantes) para relacionar aspectos de su biología con variables ecosistémicas como por ejemplo niveles de ordenamiento de características fisiológicas y morfológicas con la identidad taxonómica (*e.g.* Parra-H, 2014).

La estructura social en la tribu Euglossini.

De la gran diversidad de abejas, más de 20.000 especies alrededor del mundo solo un 2% (tal vez un 5%) poseen comportamiento social al momento de construir y desarrollar sus nidos (Michener, 2007). Esto significa que para muchas especies de abejas se cumple que una única hembra localiza o construye una cavidad donde hacer sus celdas de cría, las aprovisiona y en muchos casos abandona el nido antes de la emergencia de su descendencia (Roubik y Hanson, 2004).

Sin embargo, el comportamiento de nidificación se presenta de manera gradual de dichos estados solitarios hacia formas complejas de interacción social. También incluye la formación de agregaciones y dormitorios por parte de los machos, pero en este caso se hará énfasis en los aspectos de nidificación de las hembras (Fig.9.2).



Figura 9.2. Un nido comunal de *Euglossa imperialis* en cavidad artificial (Foto: A. Parra-H).

Se cree que la gran mayoría de especies pertenecientes al género *Eufriesea* son principalmente solitarias. En este género es común encontrar nidos expuestos donde las celdas de cría están hechas con astillas y pedazos de ramas (Kimsey, 1982). En *Eulaema* se han observado colonias, donde varias hembras conviven, pero no colaboran siendo que, cada hembra contribuirá independientemente a la construcción total del nido (Bennett, 1972b). En este género es común encontrar como material de construcción barro, a veces heces de mamíferos y algunas resinas. Ya el caso de *Euglossa* es aún más complejo. Si bien en este género se encuentran los anteriores tipos de comportamiento de nidificación, en cuanto más oportunidad tenemos de ver y estudiar sus nidos, más complejo resulta su comportamiento. En especies como *Eg. cordata* (Augusto y Garófalo, 1994), *Eg. atroveneta* (Ramírez-Arriaga *et al.,* 1996), *Eg. annectans* (Garófalo *et al*., 1998), *Eg. fimbriata* (Augusto y Garófalo, 2009), *Eg. hyacinthina* (Soucy *et al*., 2003), *Eg. townsendi* (Augusto y Garófalo, 2004), *Eg. viridissima* (Cocom-Pech *et al*., 2008), *Eg. melanotricha* (Andrade-Silva y Santos-Nascimento, 2015) y *Eg. imperialis* (Parra-H y Roubik, en prep.) se han observado interacciones que hacen de estas especies candidatas a representantes de comportamiento verdaderamente social (eusocial)

Estas interacciones comprenden la construcción asistida de celdas de cría, la división de tareas en donde se observa una hembra que se encarga de la ovoposición (dominante) y hembras que se limitan a forrajear por alimento larval (subordinadas). También se ha

reportado comportamiento agonístico en el proceso de establecimiento de la dominancia entre las habitantes del nido. Este comportamiento es muy común en abejorros de páramo, un grupo considerados como primitivamente eusocial. Otra característica social compleja presente en *Euglossa*, es la sobre-posición de generaciones y junto con la identificación de diferencias fisiológicas entre hembras dominantes y subordinadas se cumple lo que por definición Michener (2007) definió como eusocialidad.

Es tal vez en el estudio de estos aspectos que podremos tener un panorama de la evolución del comportamiento social en abejas, ya que este parece haber aparecido varias veces e independientemente en abejas y especialmente para el grupo de abejas corbiculadas ya que es donde todos los miembros, excepto por Euglossini, es totalmente eusocial.

Euglosinos como herramientas para determinar regiones biogeográficas y como indicadores de la integridad ecológica de los ecosistemas

Características asociadas con capacidad de vuelo, recolección de néctar y comportamiento social son factores que podrían servir para proponer una clasificación ecológica de regiones particulares, tal como lo proponen Parra-H y Nates-Parra (2012). Estos autores lograron determinar 11 unidades biogeográficas para Colombia, basándose en características morfológicas de las especies y su comportamiento social analizados desde una perspectiva ecológica.

Uno de los criterios que permite reconocer a un grupo de organismos como bioindicador es que sea taxonómica, biológica y ecológicamente bien conocido; las abejas cumplen con este requisito (Reyes-Novelo *et al.*, 2009) y en particular los euglosinos, como fue propuesto por Bonilla-Gómez (1997). En un estudio realizado en el piedemonte llanero del país, Parra-H y Nates-Parra (2007) y en la cuenca baja del río Anchicayá en el Pacífico (Otero y Sandino, 2003), encontraron diferencias en la composición de especies entre ecosistemas conservados y otros con diferentes niveles de alteración. Especies como *Eg. cybelia*, *Eg. magnipes*, *Eg. heterostica*, *Eg. singularis*, *El. bombiformis* y *Ex. frontalis* en el piedemonte llanero pueden considerase como especies exclusivas de ambientes en aceptable o buen estado de conservación ya que dichas especies ocurrieron en lugares donde la diversidad en composición de especies, tamaños y formas biológicas en general fue alta y no se presentan en lugares donde el deterioro del medio era evidente y solo ocurrían muy pocas o únicas especies que, además, se podrían considerar plásticas dada su ubicuidad en muy distintos tipos de paisaje. En paisajes donde la transformación antrópica resulta en fincas multi-estratificadas con alta diversidad de plantas cultivadas, como en el caso de los gradientes de deforestación muestreados en el bajo Anchicayá, más que diferencias en presencia/ausencia de especies de euglosinos, se capturó mayor abundancia de machos euglosinos, en especial de especies grandes y medianas de lenguas largas, en los sitios de finca que en los de bosque. Esto sugiere rutas de forrajeo más frecuentes, especialmente de las especies más oportunistas, en los cultivos en detrimento de los bosques adyacentes.

Consideraciones para la conservación de las abejas de las orquídeas.

La conservación de las abejas euglosinas es un caso con antecedentes peculiares. Estudios en áreas próximas a Colombia (Panamá) sugieren para algunas poblaciones de estas abejas, la existencia de una alta proporción de machos diploides, en algunos casos hasta casi la totalidad de la muestra (Roubik *et al*.,1996). Si una población presenta una frecuencia de machos diploides tan alta, la probabilidad de apareamiento con machos fértiles sería mínima y la población estaría en un inminente peligro de extinción (Zayed *et al*., 2004). Sin embargo, desde otra perspectiva metodológica y ecológica (Amazonía brasilera) Takahashi *et al*. (2001) sugieren que de hecho las abejas euglosinas presentan una heterozigocidad similar a la de otros Hymenoptera.

El hecho es que estudios en la región colombiana sugieren que existe una proporción importante de machos diploides en nuestras poblaciones de abejas de las orquídeas (López- Uribe et al., 2007) lo cual, independientemente del abordaje metodológico, puede estar indicando un declive de poblaciones de algunas especies.

Sea a través de rigurosos diseños experimentales, la disposición de cavidades artificiales, la comparación de características únicas de la tribu o el estudio de la fisiología de estas abejas, como hemos mencionado es imperante estudiar la tribu Euglossini en su particular como compleja vida y obra. Su papel en la fecundación de componentes únicos en el bosque nos obliga a pensar en acciones que nos permitan entender su biología para llevar a cabo acciones que ofrezcan un ambiente donde puedan desarrollar sus nidos, acceder a los recursos que las mantienen, aparearse en un nivel óptimo de variabilidad y en general, perdurar.

REFERENCIAS

Ackerman JD. Specificity and mutual dependency of the orchid-euglossine bee interaction. Biol J Linn Soc. 1983; 20: 301-314.

Ackerman JD, Mesler MR, Lu KL, Montalvo AM. Food-foraging behavior of male Euglossini (Hymenoptera: Apidae): vagabonds or trapliners?. Biotropica. 1982; 14(4): 241-248.

Andrade-Silva ACR, Nascimento FS. Reproductive regulation in an orchid bee: social context, fertility and chemical signalling. Anim Behav. 2015; 106: 43-49.

Armbruster WS. The role of resin in angiosperm pollination: ecological and chemical considerations. Am J Bot. 1984; 71(8): 1149-1160.

Armbruster, W.S. Within-habitat heterogeneity in baiting samples of male euglossine bees: possible causes and implications. Biotropica. 1993; 25: 122-128.

Augusto SC, Garófalo CA. Nesting biology and social structure of *Euglossa (Euglossa) townsendi* Cockerell (Hymenoptera, Apidae, Euglossini). Insectes Soc. 2004; 51(4): 400-409.

Augusto SC, Garófalo CA. Bionomics and sociological aspects of *Euglossa fimbriata* (Apidae, Euglossini). Genet Mol Res. 2009; 8(2): 525-538.

Bembé B. Functional morphology in male euglossine bees and their ability to spray fragrances (Hymenoptera, Apidae, Euglossini). Apidologie. 2004; 35(3): 283-291.

Bennett FD. Baited McPhail fruitfly traps to collect euglossine bees. J New York Entomol S. 1972a; 80(3): 137-145.
Bennett FD. Observations on *Exaerete* spp. and their hosts *Eulaema terminata* and *Euplusia surinamensis* (Hymen., Apidae, Euglossinae) in Trinidad. J New York Entomol S. 1972b; 80(3): 118-124.
Bonilla-Gómez MA. Caracterização da estrutura espaço-temporal da comunidade de abelhas euglossinas (Hymenoptera, Apidae) na Hiléia Bahiana. (Tesis Doctoral). Instituto de Biologia. Universidade Estadual de Campinas. Campinas. Brasil. 1999. 153 pp.
Bonilla-Gómez MA, Nates-Parra G. Abejas euglosinas de Colombia (Hymenoptera: Apidae) I. Claves ilustradas. Caldasia. 1992; 17(1): 149-172.
Borrell BJ. Long Tongues and Loose Niches: Evolution of Euglossine Bees and Their Nectar Flowers1. Biotropica. 2005; 37(4): 664-669.
Braga AK, Garófalo CA. Coleta de fragrâncias por machos de Euglossa townsendi Cockerell (Hymenoptera, Apidae, Euglossini) em flores de Crinum procerum Carey (Amaryllidaceae). p.201-207. En Melo GAR, Alves-dos-Santos I (eds) Apoidea Neotropica: homenagem aos 90 anos de Jesus Santiago Moure. Criciúma, Ed. UNESC. 2003. XVI+320 pp.
Cameron SA. Phylogeny and biology of Neotropical orchid bees (Euglossini). Annu Rev Entomol. 2004; 49(1): 377-404.
Cocom-Pech M, May-Itzá WDJ, Medina LM, Quezada-Euan JJG. Sociality in *Euglossa (Euglossa) viridissima* Friese (Hymenoptera, Apidae, Euglossini). Insectes Soc. 2008; 55(4): 428-433.
Cortopassi-Laurino M, Zillikens A, Steiner J. Pollen sources of the orchid bee *Euglossa annectans* Dressler 1982 (Hymenoptera: Apidae, Euglossini) analyzed from larval provisions. Genet Mol Res. 2009; 8(2): 546-556.
Cruger H. On the fecundation of Orchids and their morphology. Journ. Linn. Soc. (Bot.). 1865; viii: 1865: 131.
Darwin CR. The various contrivances by which orchids are fertilised by insects. 2nd edition John Murray. London. 1862.
Dodson CH, Dressler RL, Hills HG, Adams RM, Williams NH. Biologically active compounds in orchid fragrances. Science. 1969; 164(3885): 1243-1249.
Dressler RL. An infrageneric classification of *Euglossa*, with notes on some features of special taxonomic importance (Hymnoptera; Apidae). Rev Biol Trop. 1978; 26(1): 187-198.
Dressler RL, Ospina-Torres R. Una nueva especie de *Eulaema* (Hymenoptera: Apidae) del Chocó, Colombia. Caldasia. 1997; 19(1-2): 95-100.
Eltz T, Lunau K. Antennal response to fragrance compounds in male orchid bees. Chemoecology. 2005; 15(3): 135-138.
Eltz T, Sager A, Lunau K. Juggling with volatiles: exposure of perfumes by displaying male orchid bees. J Comp Physiol A. 2005; 191(7): 575-581.
Eltz T, Whitten WM, Roubik DW, Linsenmair KE. Fragrance collection, storage, and accumulation by individual male orchid bees. J Chem Ecol. 1999; 25(1): 157-176.
Folsom JP. Dos nuevas técnicas para capturar y marcar abejas machos de la tribu Euglossini (Hymenoptera: Apidae). Actual Biol. 1985; 14(51): 20-25.
Garófalo CA, Camillo E, Augusto SC, Jesus BMVD, Serrano JC. Nest structure and communal nesting in *Euglossa (Glossura) annectans* Dressler (Hymenoptera, Apidae, Euglossini). Rev. Bras. Zool. 1998; 15(3): 589-596.
Gracie C. Pollination of *Cyphomandra endopogon* var. *endopogon* (Solanaceae) by *Eufriesea* spp. (Euglossini) in French Guiana. Brittonia. 1993; 45(1): 39-46.
Hurlbert SH. Pseudoreplication and the design of ecological field experiments. Ecol Monogr. 1984; 54(2): 187-211.
Inouye DW. Flight temperatures of male euglossine bees (Hymenoptera: Apidae: Euglossini). J Kansas Entomol Soc. 1975; 48(3): 366-370.

Kay KM, Sargent RD. The role of animal pollination in plant speciation: integrating ecology, geography, and genetics. Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst. 2009. 40: 637–56

Kimsey LS (1982). Systematics of bees of the genus *Eufriesea* (Hymenoptera, Apidae) (Vol. 95). Univ of California Press. 1982. 125 pp.

López-Uribe MM, Del Lama MA. Molecular identification of species of the genus *Euglossa* Latreille (Hymenoptera: Apidae, Euglossini). Neotrop Entomol. 2007; 36(5): 712-720.

López-Uribe MM, Almanza MT, Ordoñez M. Diploid male frequencies in Colombian populations of euglossine bees. Biotropica, 2007; 39(5): 660-662.

Michener CD. The Bees of the World. 2nd. Ed. Johns Hopkins, Baltimore. 2007: 992 pp.

Nates-Parra G. Abejas Corbiculadas de Colombia. Hymenoptera: Apidae. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 2005. 152 pp.

Nemésio A, Silveira FA. Biogeographic notes on rare species of Euglossina (Hymenoptera: Apidae: Apini) occurring in the Brazilian Atlantic rain forest. Neotrop Entomol. 2004; 33(1): 117-120.

Nemésio A, Silveira FA. First record of *Eulaema helvola* Moure (Hymenoptera: Apidae: Euglossina) for the State of Minas Gerais: biogeographic and taxonomic implications. Neotrop Entomol. 2006; 35(3): 418-420.

Oksanen J. Multivariate analysis of ecological communities in R: vegan tutorial. R package version. 2011: 1(7).

Ospina-Torres R, Sandino JC. *Eulaema chocoana*, nueva especie de abeja euglosina de la costa pacífica colombiana. Caldasia. 1997;19(1-2): 165-174.

Ospina-Torres R, Montoya-Pfeiffer PM, Parra-H A, Solarte V, Otero JT. (2015). Interaction networks and the use of floral resources by male orchid bees (Apidae: Euglossini) in a primary rain forest from the biogeographic Chocó Region (Colombia). Rev Biol Trop. 2015; 63(3): 647-658.

Otero JT, Sandino JC. Capture rates of male euglossine bees across a human intervention gradient, Chocó region, Colombia. Biotropica. 2003; 35(4): 520-529.

Parra-H A. Mecanismos de adaptação e ecologia evolutiva das abelhas das orquídeas (Hymenoptera: Apidae: Euglossini). (Tesis Doctorado). Faculdade de Filosofia Ciências e Letras de Ribeirão Preto. Universidade de São Paulo. Ribeirão Preto. SP. Brasil. 2014. 95 pp.

Parra-H A, Nates-Parra G. First record *of Eufriesea bare* Gonzalez & Gaiani and notes on the distribution of three species of orchid bees pertaining to the genus *Euglossa* Latreille (Apidae: Euglossini) in Colombia. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 2007: 31(120): 415-423.

Parra-H A, Nates-Parra G. The nest architecture of *Euglossa (Euglossa) hemichlora* (Hymenoptera: Apidae: Euglossini). Rev. Colomb. Entomol. 2009; 35(2): 283-285.

Parra-H A, Nates-Parra G. The ecological basis for biogeographic classification: an example in orchid bees (Apidae: Euglossini). Neotrop Entomol. 2012; 41(6): 442-449.

Parra-H A, Ospina-Torres R, Ramirez S. *Euglossa natesi* n. sp., a new species of orchid bee from the Chocó region of Colombia and Ecuador (Hymenoptera: Apidae). Zootaxa. 2006; 1298: 29-36.

Pellmyr O, Thien LB. Insect reproduction and floral fragrances: keys to the evolution of the angiosperms? Taxon. 1986; 35(1): 76-85.

Pemberton RW, Wheeler GS. Orchid bees don't need orchids: evidence from the naturalization of an orchid bee in Florida. Ecology. 2006; 87(8): 1995-2001.

Pianka ER. Evolutionary Ecology.5th Edition. HarperCollins, New York. 1994. 486 pp. pp.

Proctor M, Yeo P, Lack A. The natural history of pollination. HarperCollins Publishers. London. 1996. 480 pp.

Ramírez S. *Euglossa paisa*, a new species of orchid bee from the Colombian Andes (Hymenoptera: Apidae). Zootaxa.2005; 1065: 51-60.

Ramírez S. *Euglossa samperi* n. sp., a new species of orchid bee from the Ecuadorian Andes (Hymenoptera: Apidae). Zootaxa. 2006; 1272: 61-68.

Ramírez SR, Eltz T, Fujiwara MK, Gerlach G, Goldman-Huertas B, Tsutsui ND, Pierce NE. Asynchronous diversification in a specialized plant-pollinator mutualism. Science. 2011; 333(6050): 1742-1746.

Ramírez-Arriaga, E., Cuadriello-Aguilar, J. I., & Hernández, E. M. Nest structure and parasite of *Euglossa atroveneta* Dressler (Apidae: Bombinae: Euglossini) at Unión Juárez, Chiapas, México. J Kansas Entomol Soc. 1996; 69: 144-152.

Reyes-Novelo E, Ramírez VM, González HD, Ayala R. Abejas silvestres (Hymenoptera: Apoidea) como bioindicadores en el neotrópico. Tropical and subtropical agroecosystems, 2009; 10(1): 1-13.

Roubik DW. Sibling species of *Glossura* and *Glossuropoda* in the Amazon Region (Hymenoptera: Apidae: Euglossini). J Kansas Entomol Soc. 2004; 77(3), 235-253.

Roubik DW, Hanson PE. Orchid bees of tropical America: biology and field guide. Instituto Nacional de Biodiversidad (INBio), Heredia, Costa Rica. 2004. 370 pp.

Roubik DW, Weight LA, Bonilla MA. Population genetics, diploid males, and limits to social evolution of euglossine bees. Evolution. 1996; 50(2): 931-935.

Sandino JC. Are there any agricultural effects on the capture rates of male euglossine bees (Apidae: Euglossini)? Revista de Biología Tropical. 2004; 52(1): 115-118.

Skov C, Wiley J. Establishment of the neotropical orchid bee *Euglossa viridissima* (Hymenoptera: Apidae) in Florida. Fla Entomol. 2005; 88(2), 225-227.

Snow AA, Roubik DW.) Pollen deposition and removal by bees visiting two tree species in Panama. Biotropica. 1987; 19(1): 57-63.

Soucy SL, Giray T, Roubik DW. Solitary and group nesting in the orchid bee *Euglossa hyacinthina* (Hymenoptera, Apidae). Insectes Soc. 2003; 50(3): 248-255.

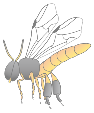
Stebbins GL. Adaptive radiation of reproductive characteristics in angiosperms, I: pollination mechanisms. Annu Rev Ecol Syst. 1970; 1: 307-326.

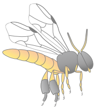
Takahashi NC, Peruquetti, RC, Del Lama MA, de Oliveira-Campos LA. A reanalysis of diploid male frequencies in euglossine bees (Hymenoptera: Apidae). Evolution. 2001; 55(9): 1897-1899.

Veiga Sydney N, Barbosa Gonçalves R. Is the capture success of orchid bees (Hymenoptera, Apoidea) influenced by different baited trap designs? A case study from southern Brazil. Revista Brasileira de Entomologia. 2015; 59: 32-36

Zayed A, Roubik DW, Packer L. Use of diploid male frequency data as an indicator of pollinator decline. P Roy Soc B-Biol Sci. 2004; 271(Suppl 3): S9-S12.

Zuur AF, Ieno EN, Elphick CS. A protocol for data exploration to avoid common statistical problems. Methods Ecol Evol. 2010; 1(1): 3-14.





CAPÍTULO 10

ABEJAS SOLITARIAS

Laura Victoria Calderón[1] Biól., Mario Simón Pinilla-Gallego[1] Biól., Guiomar Nates-Parra[1] M. Sc.
Departamento de Biología, Laboratorio de Investigaciones en Abejas, Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá.
lvcalderona@unal.edu.co, simonpinilla@yahoo.com, mgnatesp@unal.edu.co

Entre el 85 y el 90% de las especies de abejas son solitarias o abejas del polen, como las llaman algunos autores por su hábito de depositar sus huevos directamente sobre una masa de polen. A pesar de que son un grupo muy abundante y diverso, son las menos conocidas, no solo en Colombia sino también en otros países, quizás debido a las particularidades de su vida solitaria y a la dificultad de observarlas.

En este grupo se reúnen aquellas abejas que no tienen ningún tipo de contacto con sus crías, una sola hembra hace el nido y lo aprovisiona con suficiente cantidad de néctar y polen para el crecimiento apropiado de sus larvas. Después de la oviposición, la madre sella la celda y se va a trabajar en una nueva celda. Generalmente la madre muere antes de que su progenie madure y emerja, de forma que no hay ninguna comunicación matrifilial. Existen otras especies de abejas que no son estrictamente solitarias porque llegan a formar pequeños grupos en los cuales se establece comunicación madre-hija y puede haber inicios de división de labores (grupos subsociales, parasociales).

Durante mucho tiempo se ignoró el papel de las abejas silvestres como polinizadoras en cultivos de importancia económica, puesto que la información disponible correspondía únicamente a *Apis mellifera*. Sin embargo, recientemente se ha evaluado la importancia de las abejas especializadas, generalmente solitarias, como polinizadoras en cultivos agrícolas y en vegetación natural, y en muchos casos éstas son más eficientes que las generalistas, como *A. mellifera* (Schlindwein, 2004). Algunos grupos como los pertenecientes a las tribus Centridini y Euglossini se consideran como polinizadores claves en los bosques neotropicales (Schlindwein, 2000). Pero a medida que las áreas cultivadas se incrementan, el hábitat para las abejas silvestres disminuye.

Las familias Halictidae, Megachilidae y Apidae tienen varias especies solitarias que juegan un papel muy importante como polinizadoras. Distintas investigaciones han demostrado que, por ejemplo, *Megachile rotundata* y *Nomia melanderi* son importantes en la alfalfa (*Medicago sativa*), *Peponapis pruinosa* en la calabaza (*Curcubita pepo*), *Osmia rufa* para manzanos (*Malus domestica*), *Osmia cornifrons* en fresa, *Xylocopa* spp. en maracuyá, granadilla (*Passifloraceae* spp.) y en guayaba (*Psidium guajava*), *Centris tarsata* en mara-

ñón (*Anacardium occidentale*) y *Eulaema* spp. en castaña del Brasil (*Bertholletia excelsa*) (Free, 1993; Freitas *et al.*, 2009; Gaglianone *et al.*, 2010). Dentro de Halictidae los géneros *Augochlora* y *Augochloropsis* mostraron ser los polinizadores eficientes de tomate en cultivos a campo abierto en Brasil (Harter *et al.*, 2002; Nunes-Silva *et al.*, 2010) en donde hacen polinización por vibración.

El conocimiento sobre abejas solitarias en el país es escaso. Recientemente González y Ospina (2006) registraron nuevos géneros para Colombia, y más tarde González *et al.* (2007) describieron los nidos de otras especies de abejas solitarias halladas en diferentes regiones del país. Respecto al uso de abejas solitarias en polinización, varios grupos de investigación han iniciado trabajos específicos en este tema. Por ejemplo, González y Cháves (2004) describieron los hábitos de forrajeo y las preferencias florales de *Anthophora walteri* por *Salvia bogotensis*; Melo (2007) estudió la efectividad de algunos géneros de abejas solitarias (*Xylocopa, Epicharis*) sobre la polinización de granadilla (*Passiflora ligularis*); Fernández-Alonso (2008) en un estudio sobre el género *Salvia* en Colombia, encontró que *Thygater aethiops* y especies de Halictidae son visitantes frecuentes. Sepúlveda (2013) identificó 30 especies de abejas de distintas familias, como visitantes florales en cultivos de papa (*Solanum tuberosum*), siendo unos de los más frecuentes *Thygater aethiops, Bombus hortulanus* y algunas especies de los géneros *Caenaugochlora* y *Exomalopsis,* y se considera que la producción de frutos y semillas en este cultivo está supeditada a la polinización por abejas; finalmente, Medina *et al.* (2012) determinaron que *Xylocopa lachnea, X. frontalis* y *Epicharis* sp. son polinizadores efectivos de gulupa (*Passiflora edulis* f. *edulis*) en Boyacá.

Es de resaltar el trabajo realizado por Gómez (2012), en el que se intenta concientizar a las personas de zonas rurales (La Capilla- Boyacá), sobre la importancia de la conservación del bosque andino por medio de las abejas silvestres. Dicha autora encontró 26 especies de abejas, la mayoría de ellas solitarias, dentro de los géneros *Centris, Thygater, Eulaema, Exomalopsis, Xylocopa,* y especies de Halictidae y Colletidae. Esto además refleja la gran diversidad de abejas solitarias que hay en esta zona y en hábitats rurales en general.

Algunos de los grupos taxonómicos o géneros más estudiados en Colombia dentro del grupo de las abejas solitarias, se presentan a continuación:

HALICTIDAE

Es una familia cosmopolita y muy grande. Quizás después de la tribu Meliponini (Apidae) los miembros de la subfamilia Halictinae forman el grupo de abejas más numeroso en Colombia. Se caracterizan por ser abejas de tamaño pequeño a mediano (< 1 cm), tener una sola sutura subantenal y presentar coloración corporal con brillos metálicos (verde, azul, gris, amarillo) (Fig. 10.1a), aunque algunas formas son negras y de aspecto vespoideo. A pesar de que son consideradas abejas de lengua corta, algunas especies pueden

presentar probóscides largas, ya que los segmentos basales son elongados. También son conocidas como "abejas del sudor", ya que en ocasiones recolectan dicha secreción de los mamíferos (Michener, 2007).

Dentro de esta familia existen especies con diversos grados de sociabilidad, desde solitarias, comunales (donde varias hembras comparten la entrada principal del nido pero cada una cuida a sus descendencia), semisociales (en un nido se encuentra un grupo de hermanas, en el que una hembra pone la mayoría de los huevos y las demás realizan las labores del nido), hasta sociales facultativas (Nates-Parra y González, 2000; Michener, 2007). Estas abejas hacen sus nidos en el suelo (aunque algunas especies de *Augochlora* y *Megalopta* nidifican en madera podrida). La entrada del nido está constantemente custodiada por una hembra en las especies comunales o semisociales. El túnel principal da paso a túneles laterales que terminan en una celda, o pueden tener numerosas celdas a lo largo del túnel secundario. Algunas especies hacen agregados de celdas al final de cada túnel secundario. El interior de las celdas está cubierto por una secreción cerosa de la glándula de Dufour (Michener, 2007).

En Colombia se encuentran entre 74 a 81 especies, agrupadas en 27 géneros y 2 tribus: Augochlorini y Halictini; ambas tribus pertenecen a la subfamilia Halictinae, la cual es la única presente en Colombia y se caracteriza porque la vena basal del ala anterior está fuertemente curvada (Nates-Parra, 1994, 1995; Nates-Parra y González, 2000; Vélez, 2009). En el país, las especies de la tribu Augochlorini se encuentran desde los 2.500 hasta los 4.300 msnm, mientras que las especies de la tribu Halictini se pueden encontrar entre los 600 y los 2.650 msnm (Vélez, 2009) (Fig. 10.2). Dentro de ambas tribus se pueden encontrar especies cleptoparásitas, principalmente agrupadas dentro del género *Sphecodes* (Halictini), en las cuales la pilosidad de las escopas se ha reducido. También es de destacar el género *Megalopta* (Augochlorini) el cual presenta especies de hábitos crepusculares (Michener, 2007).

En años recientes se han descrito nuevas especies de Halictidae para Colombia (Engel y Klein, 1997; González, 2006; González *et al.,* 2006; Engel, 2009; Engel y González, 2009), sin embargo, al igual que para muchos grupos de abejas en Colombia, son pocos los estudios que se encuentran sobre su biología. Dentro de estos, se resaltan los siguientes:

Montoya (2004) estudio la distribución de los agregados de nidos de *Neocorynura* (Augochlorini), en el Parque Nacional Natural de Iguaque (Boyacá), encontrando especies diferentes en zonas secas y húmedas del parque. González *et al.* (2006) describieron 2 nuevas especies de *Neocorynura* para Colombia (*N. iguaquensis* y *N. muiscae*) y la arquitectura de sus nidos.

En las celdas de *N. iguaquensis* encontraron polen de 32 especies de plantas agrupadas en 18 familias, siendo Asteraceae la más común; en promedio, cada celda tenía polen de 9 especies de plantas. En los nidos de *N. muiscae* se encontró polen de 23 especies de plantas (14 familias), pero cerca del 70% del polen pertenecía a la familia Asteraceae.

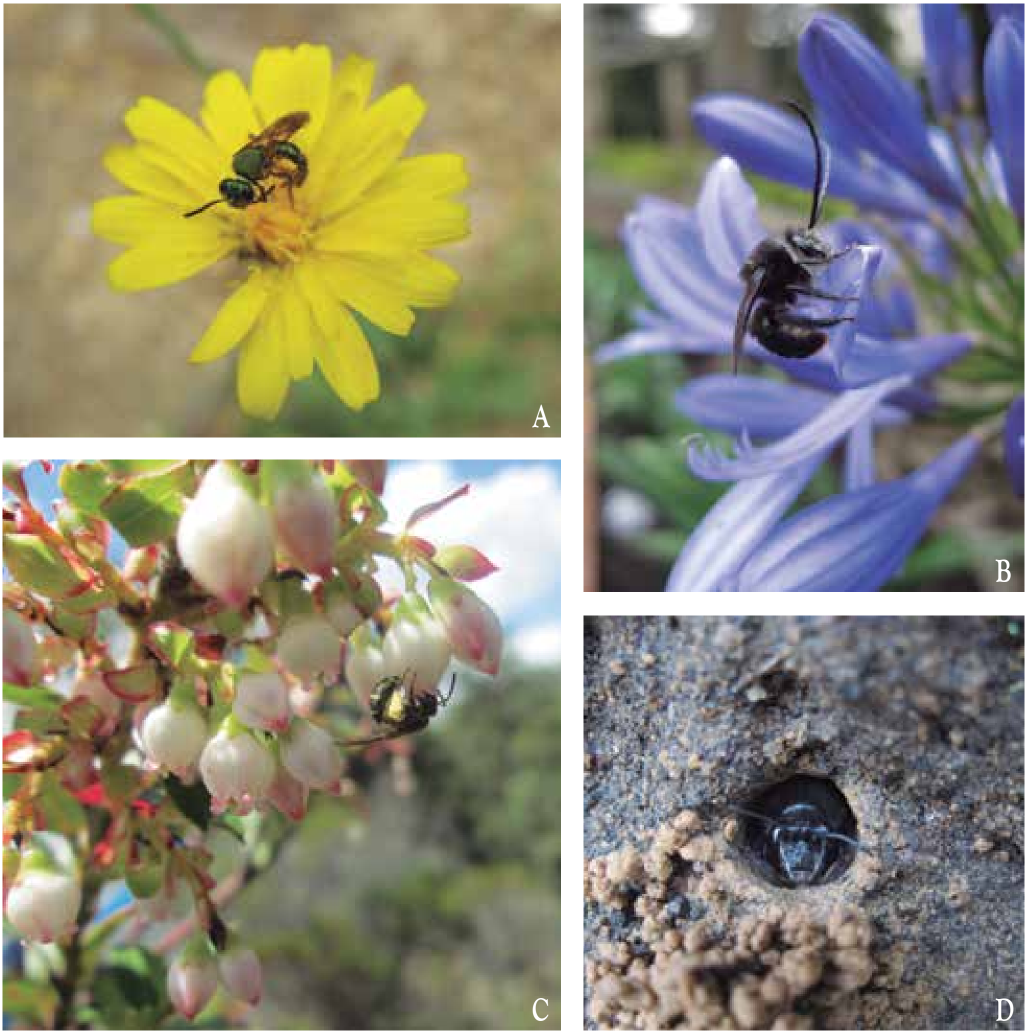


Figura 10.1. a) *Augochloropsis* sp. visitando flor de *Hypochaeris radicata*; b) *Augochloropsis* sp. visitando flor de *Vaccinium meridionale*; c) Macho de *Thygater aethiops* en pétalo de *Agapanthus praecox*; d) Hembra de *T. aethiops* en la entrada del nido. Fotos: a, c y d: MS Pinilla (2012). b: LV Calderón (2013) .

En el estudio de las abejas urbanas de Bogotá y zonas aledañas, se encontraron 19 especies de Halictidae (6 Halictini y 13 Augochlorini) y *Caenohalictus* sp. fue la más común; incluso se encontró un agregado de 56 nidos de dicha especie en el campus de la Universidad Nacional de Colombia. Los nidos presentaban un diámetro de 0,4 cm, y se observaron de 2 a 3 hembras por nido (Nates-Parra *et al.*, 2006). Recientemente Celis *et al.* (2012) describieron el comportamiento de forrajeo de *Caenohalictus* sp. en la sabana de Bogotá. Los nidos se presentan en barrancos de tierra seca, con más de una hembra en cada nido, y constante vigilancia en la entrada. La mayor actividad de forrajeo se observa entre las 09:00 y las 13:00 h, y en horas de la tarde las hembras cierran la entrada del nido.

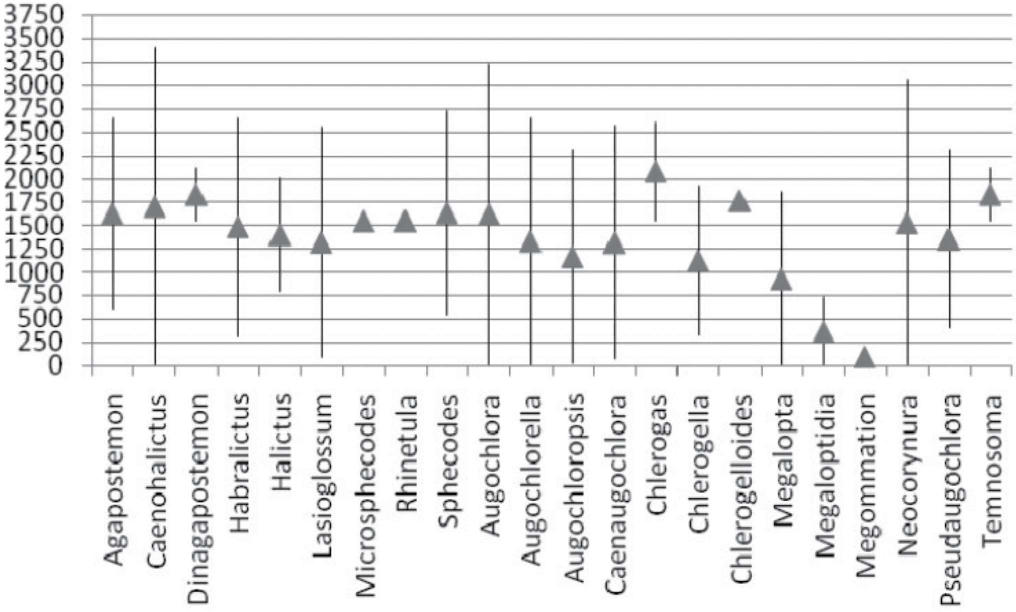


Figura 10.2. Rango altitudinal de algunos géneros de Halictidae en Colombia. Tomado de Vélez, 2009.

Entre los reportes sobre especies de Halictidae como visitantes florales se destacan los de *Chlerogella hypermeces* como visitante de *Psychotria pongoana* (Rubiaceae) en el Putumayo (Engel, 2010), *Augochloropsis* sp. (Augochlorini) de *Vaccinium meridionale* (Ericaceae) en Guachetá (Cundinamarca) (Fig. 10.1b) (Pinilla-Gallego y Nates-Parra, 2015), a *Paraxystoglossa* sp. y *Caenohalictus* sp. como visitantes de plantas de las familias Asteraceae, Rosaceae y Fabaceae en el Parque Mirador Montaña del Oso, Chía (Cundinamarca) (Reina *et al.* 2012). En El Patía (Cauca), Zambrano *et al.* (2013) encontraron dos especies de *Augochlora* como visitantes de *Cucurbita moschata* (Cucurbitaceae) y Sepúlveda (2013) reporta 45 especies de Halictidae como visitantes de *Solanum tuberosum* en diferentes municipios del oriente de Antioquia, aunque la mayoría de estos visitantes no están identificados hasta especie. Se sabe que *Lasioglossum* spp. (Halictini) ejerce un papel importante en el mantenimiento de la diversidad genética de *Wigginsia vorwerckiana* y *Opuntia* sp. (Cactaceae), endémicas de la zona de Mondoñedo (Cundinamarca), enclave subxerofítico de la Sabana de Bogotá, amenazado por la actividad antrópica (Cháves, 2000). Además, los Halictidae han sido propuestos como elementos útiles en el monitoreo de áreas que se encuentran en proceso de restauración en Colombia (Fernández y Zambrano, 2011).

MEGACHILIDAE

Género *Megachile*

Este género comprende un grupo de especies muy abundante en el mundo, con 24 de ellas registradas para Colombia (Moure *et al.,* 2007). Son abejas de coloración café, amarilla o negra y una de las características diagnósticas del grupo es la presencia en las hembras, de una escopa ventral/abdominal sobre los esternitos 2 al 5 o 6, donde transportan los granos de polen (Michener, 2007). La mayoría de las especies son solitarias y nidifican en cavidades pre-existentes (huecos en troncos de árboles, nidos de escarabajos, en la madera, hendiduras en paredes de piedra o ladrillo). Muchas especies de este género cortan pedazos de hojas y pétalos de flores para construir sus celdas de cría, por lo que son conocidas como abejas cortadoras de hojas (Michener, 2007).

Estas abejas se encuentran en todas las regiones biogeográficas de Colombia desde los 10 hasta los 2.650 msnm y es común observarlas en áreas urbanas (Vélez, 2009). Recientemente, se han descrito nuevas especies en el país (González, 2006; González y Griswold, 2011), con lo cual se incrementa el número de especies, reforzando el hecho de que en Colombia el número de especies de abejas, todavía está subestimado.

Es de destacar la relación que tienen las abejas de este género con las flores de la familia Fabaceae, cuya morfología es un tanto compleja y no son accesibles para muchas otras especies de abejas como *A. mellifera* (Camargo, 1970). Free (1993) reportó una eficiencia de polinización de hasta el 95% en flores de alfalfa visitadas por *Nomia melanderi* y *Megachile rotundata*, gracias a que estas abejas empujan de manera adecuada la quilla hacia abajo y soportan muy bien el sistema de "gatillo" que tienen los estambres de esta planta para liberar el polen, en tanto que *A. mellifera* prefiere visitar otras plantas. En Estados Unidos y Canadá la cría y manejo de *M. rotundata*, pese a ser una abeja solitaria, representa un mercado de millones de dólares para la polinización de cultivos de alfalfa (*Medicago sativa)* debido a su alta eficiencia, muy por encima de *A. mellifera* que ya no es considerada para polinizar este cultivo (Freitas, 2006). También es polinizador eficiente, en zonas templadas, de frutos del género *Vaccinium*, al que pertenecen el agráz y los arándanos (Javorek, 1996). Otros cultivos como soya (*Glycine max*), fríjol guandul (*Cajanus cajans*.), girasol (*Helianthus annuus*), algunas especies medicinales y hortalizas se podrían beneficiar del uso estas abejas en polinización (Couto y Mendes, 1996; Vitti *et al.,* 2008; Zhao *et al.,* 2009).

Como para muchas otras especies de abejas solitarias, el uso de nidos trampa ha permitido conocer aspectos de su biología (Garófalo *et al.*, 2004) como por ejemplo las observaciones realizadas por Palacios (2006) quien instaló 80 nidos trampa de madera y tubos plástico, localizados a las afueras de la ciudad de Santa Marta (Colombia) en los que obtuvo tuvo una ocupación del 53.8% por *Megachile* sp. y una abeja parásita de la misma familia, *Coelioxys* sp. Además logró realizar algunas observaciones sobre biología de la nidificación de estas especies.

APIDAE

Tribu Eucerini

La tribu Eucerini está conformada por abejas peludas, de tamaño medio (1,1 – 1,6 cm), en las que frecuentemente se observan bandas de pilosidad pálida en el metasoma (Michener, 2007). La paraglosa es tan larga como los dos primeros segmentos de los palpos labiales juntos y la longitud de las antenas de los machos es mucho mayor que la de las hembras (Fig. 10.1c), sobrepasando la base del metasoma (Michener, 2007). Dentro de la tribu, el género *Thygater* (Holmberg, 1884) se destaca por ser estrictamente americano; se distribuye desde México hasta Argentina (Michener, 2007) y presenta su mayor riqueza de especies en Centro y Sur América (Ascher y Pickering, 2015) además es el género más común de la tribu Eucerini en Colombia. Algunos de los caracteres diagnósticos del género son: el escapo es el doble de largo que ancho; clípeo protuberante, negro y sin crestas divergentes; placa pigidial estrecha; tergos metasomales sin bandas de pubescencia adpresa, y en las hembras el primer segmento flagelar es más largo que el escapo (Michener, 2007).

Género *Thygater*

Las abejas del género *Thygater* son de tamaño medio (13-15 mm), solitarias y nidifican en el suelo, generalmente en agregados (Fig. 10.1d). Los machos forman grupos para dormir, agarrándose del envés de las hojas con la mandíbula. Las hembras tienen la capacidad de "polinizar por zumbido" (Buchmann, 1983). Sus nidos son más o menos verticales, con un túnel principal del que se desprenden túneles secundarios; al final de cada túnel lateral se encuentra una celda, vertical, elongada y forrada en una secreción cerosa (Michener, 2007).

En Colombia se encuentran 9 especies de este género: *T. aethiops* (Smith, 1854); *T. analis* (Lepeletier, 1841); *T. cockerelli* (Crawdor, 1906); *T. colombiana* (Urban, 1967); *T. crawfordi* (Urban, 1967) *T. dispar* (Smith, 1854); *T. hirtiventris* (Urban, 1967); *T. melanotricha* (Urban, 1967); y *T. nigropilosa* (Urban, 1967) ampliamente distribuidas, desde los 0 hasta los 3.100 msnm (Ospina, 2002).

Debido a que son especies poco comunes, son escasos los estudios realizados en Colombia sobre estas abejas. La mayoría de trabajos se centran en *T. aethiops,* ya que es la especie más común de este género en el país; se distribuye desde Costa Rica hasta Argentina, y en Colombia se encuentra entre los 1.400-3.500 msnm (González y Ospina, 2008); ha sido reportada en los departamentos de Antioquia, Bolívar, Boyacá, Cesar, Cundinamarca, Huila, Meta, Santander y Valle del Cauca (Vélez, 2009). Quijano *et al.* (2002) y González y Ospina (2008) estudiaron la arquitectura de los nidos de *T. aethiops:* las entradas son circulares y cuando el nido está activo se pueden observar acumulaciones de tierra cerca de la entrada. Los túneles presentan un diámetro constante de entre 8,5 y 9 mm; son profundos (>60 cm) y no presentan una estructura regular. Los nidos son construidos de forma progresiva y puede haber de 3 a 7 celdas por nido, las cuales son ubicadas de forma vertical a diferentes profundidades.

T. aethiops es considerada una "abeja urbana", ya que puede ser encontrada en ciudades como Bogotá, donde habita en jardineras, separadores y parques, y aprovechan la vegetación existente en estas áreas como fuente de alimento y lugares de descanso y apareamiento. En Bogotá, áreas protegidas como el Jardín Botánico José Celestino Mutis y algunos parques como el Parque Nacional Olaya Herrera, son propicias para encontrar poblaciones establecidas de *T. aethiops*; igualmente, agregados de varios nidos se encuentran en zonas rurales cercanas a Bogotá (Nates-Parra *et al.*, 2006). En Bogotá, *T. aethiops* obtiene recursos de 24 especies de plantas pertenecientes a 21 familias, la mayor parte de ellas ornamentales e introducidas (Nates-Parra *et al.* 2006). González y Ospina (2008), reportan que *T. aethiops* utiliza 32 especies de plantas (18 familias) para obtener recursos alimenticios en La Calera (Cundinamarca). Pinilla *et al.* (2016) estudiaron el recurso polínico y el horario de actividad de *T. aethiops* en el Parque Nacional de Bogotá, encontrando que a pesar de la gran diversidad de recursos florales que en él se encuentran, las abejas solo utilizan 16 especies de plantas para recolectar polen, siendo las más importantes *Solanum jasminoides* (Solanaceae), *Abatia parviflora* (Salicaceae) y *Ulex europaeus* (Fabaceae). El horario de actividad de *T. aethiops* se presenta entre las 08:00 y 14:00 h, con un pico de actividad a las 10:00 h. Vélez y Baquero (2002) obtuvieron resultados similares al estudiar el horario de visitas de *T. aethiops* sobre *Abelia grandiflora* (Caprifoliaceae) en el Jardín Botánico de Bogotá, encontrando que las visitas se dan desde las 08:30 hasta las 14:00 h, con un pico de actividad a las 11:00 h.

En otras regiones del país se registran visitas de abejas de este género a diferentes especies vegetales: *Thygater* sp. como visitante de *Vaccinium meridionale* en Guachetá (Cundinamarca) (Pinilla y Nates Parra 2015); *T. analis* de *Cucurbita moschata* en El Patía (Cauca) (Zambrano *et al.*, 2013); Barrientos (2012) y Sepúlveda (2013) mencionan a *T. aethiops* en diferentes municipios de Cundinamarca y Boyacá y del oriente de Antioquia. Sepúlveda (2013) menciona *T. hirtiventris* como visitante de *Solanum tuberosum* en Antioquia.

Géneros *Peponapis* y *Xenoglossa*

Dentro de la tribu Eucerini también se encuentran estos dos géneros reconocidos como importantes polinizadores de plantas de la familia Cucurbitaceae. En algunos casos las hembras llegan a depender exclusivamente del polen de éstas plantas para alimentar a su cría, por lo que son conocidas como "abejas del calabacín" ("squash bees") (Hurd *et al.*, 1971).

El trabajo coordinado por Cane (2005) al recopilar datos de seis países desde Canadá hasta Argentina, pasando por tres estados brasileros, dentro del proyecto SPAS ("Squash Pollinator of the Americas Survey"), muestra la importancia y alta especialización de las abejas de los géneros *Peponapis* y *Xenoglossa* en la polinización de *Cucurbita pepo pepo, C. pepo ovifera, C. maxima* y *C. moschata,* entre otras.

Estas abejas hacen nidos en el suelo, y son las primeras en visitar las flores de *Cucurbita* en horas de la mañana (Cane *et al.*, 2011), siendo *Peponapis pruinosa* la especies más promisoria para la polinización de cultivos en Estados Unidos (Tepedino, 1981). En Brasil, *Peponapis fervens* fue uno de los visitantes más frecuente en cultivos de *Cucurbita moschata* y *Cucurbita pepo,* e incluso se encontraron nidos de esta especie en las zonas de cultivo, resultando que el 100% del polen en las celdas de cría pertenecía a *Cucurbita* (Krug *et al.*, 2010). En Colombia son casi nulos los reportes sobre especies de *Peponapis.* Uno de éstos pocos reportes es el de Zambrano *et al.* (2013), que reportan a *Peponapis citrullina* en El Patía (Cauca) como visitante de *Cucurbita moschata*, una de las especies de cucurbitáceas más importante en Colombia por su alto valor nutricional. Para esta planta se conoce mucho acerca de su distribución en el país, forma de cultivo, productividad, y diversidad genética (Montes *et al.*, 2004) pero no hay información sobre aspectos de biología reproductiva, polinización y polinizadores. Se considera probable que alguna de las especies de *Peponapis* existentes en Colombia sea su polinizador más eficiente, como fue demostrado en México con *Peponapis* y *Xenoglossa* , géneros estos más eficientes que *A. mellifera* para la polinización de calabazas (Canto-Aguilar y Parra-Tabla, 2000; Melendez-Ramírez *et al.*, 2002).

Tribu Centridini

Géneros *Centris* y *Epicharis*

Son abejas solitarias, robustas, de medianas a grandes, que nidifican en el suelo o en orificios de paredes de barro o en madera. Poseen pilosidad compacta y corta en el tórax, y escopas en las extremidades posteriores utilizadas para transportar polen y aceites. Es un grupo restricto a América tropical conocido comúnmente como abejas colectoras de aceites (Michener, 2000).

Ayala (1998) reconoció dos géneros para la tribu: *Epicharis***,** que se caracteriza por presentar la celda marginal más larga que la distancia de su ápice a la punta del ala y algunas setas alargadas que nacen desde el borde preoccipital de la cabeza y generalmente alcanzan el margen posterior de la tégula y *Centris* que tiene la celda marginal mas corta y sin pelos largos que surjan desde el borde preoccipital de la cabeza (Michener, 2000).

En una revisión del género, Vélez (2012) registró 59 especies para Colombia, siendo así el segundo país después de Brasil, con mayor diversidad, en especial en la región Andina y Orinoquía. Vélez (2012) considera que aún falta conocimiento de estas abejas en las demás regiones de Colombia con lo que, incluso, se llegaría a superar el número de especies reportadas en Brasil. Recientemente, Vélez y Vivallo (2012) describieron una nueva especie para el país en los ecosistemas de bosque seco tropical del departamento de Sucre; *Centris ceratops* presenta la particularidad de tener una proyección tipo “cuerno” en el clípeo, aumentando a cuatro el número de especies donde se observan este tipo de proyecciones en las hembras. González *et al.* (2007) describieron los hábitos de nidificación de algunas especies de abejas solitarias, entre ellas *Centris flavifrons* en Cunday (Tolima).

Las abejas de este género son atraídas por flores que no son atractivas para *A. mellifera*, porque secretan aceites en cambio de néctar como la cereza india (*Malpighia emarginata*) y el "murici" o cereza silvestre (*Byrsonima crassifolia*) (Rêgo y Albuquerque, 1989), y además crecen en ambientes hostiles, xéricos, donde las abejas melíferas no son abundantes (Ej: marañón, *Anacardium occidentale*) o porque la morfología de sus flores impide que abejas pequeñas las polinicen eficientemente, *v.g.* el maracuyá (*Passiflora edulis* var *edulis*). Desde hace algunos años en Brasil están trabajando para obtener información respecto a los hábitos de nidificación, forrajeo y polinización de abejas de este género (Garófalo *et al.*, 1989; Rêgo *et al.,* 2006; Mendez y Rego, 2007; Ramos *et al.,* 2007a, 2007b, 2010) conscientes de su gran papel ecológico en muchas comunidades vegetales. Recientemente, Magalhães y Freitas (2013) probaron que la instalación de nidos trampa en cultivos de cereza india o acerola (*Malpighia emarginata*) en el Brasil, incrementa significativamente la población de *Centris* (*Heterocentris*) *analis* y reduce el déficit de polinización, mejorando la producción de estos cultivos.

En Colombia, Nuñez *et al.* (2010) determinaron que abejas de los géneros *Centris* y *Epicharis* son los polinizadores eficientes de dos especies de plantas del género *Byrsonima* (*B. crassifolia*, productora de aceite y *Byrsonima* sp.) en la Orinoquia colombiana. Medina *et al.* (2012) determinaron que *Epicharis* sp. es una de las polinizadoras eficientes de la gulupa (*Passiflora edulis edulis*) en cultivos de Boyacá. Recientemente, Vélez (2012) recapituló la información disponible en cuanto a las plantas visitadas por las especies de *Centris* de Colombia. De una lista de más de 250 especies vegetales, se resalta una preferencia marcada por plantas de las familias Fabaceae y Malpighiaceae, siendo esta última la principal fuente de aceites para estas abejas. Otras familias visitadas en menor proporción son Passifloraceae, Solanaceae, Vochysiaceae y Bignoniaceae. Sin embargo hace falta conocer muchas interacciones específicas entre abejas del género *Centris* y vegetación natural y cultivada en Colombia.

Su uso en polinización de cultivos se ha dificultado por el desconocimiento de las especies que son polinizadores eficientes y su biología de nidificación. Además son especies solitarias y, por tanto, no se pueden conseguir muchos nidos en pequeñas áreas, que sumado a esto producen pocos descendientes. Otra dificultad está relacionada con los sitios de nidificación, que son destruidos al arar los terrenos para prepararlos para los diferentes cultivos. Es importante diseñar estrategias que permitan atraer este tipo de polinizadores a las plantaciones donde pueden prestar un servicio muy importante.

En esta recopilación se pueden deducir dos cosas importantes: En Colombia hay gran desconocimiento sobre las abejas solitarias y por eso mismo no son aprovechadas en labores de polinización. Es importante incrementar su conocimiento para poder determinar claramente el papel que desempeñan tanto en ecosistemas silvestres como en cultivos de importancia económica, puesto que, como ya lo determinaron Garibaldi *et al.* (2013), las abejas silvestres son buenos aliados de *A. mellifera* en polinización de frutales.

REFERENCIAS

Ascher JS, Pickering J. Discover life: bee species guide and world checklist (Hymenoptera: Apoidea: Anthophila). 2015. Disponible en: http://www.discoverlife.org/mp/20q?guide=Apoidea_species. [Consultado el 1 de marzo de 2014]

Ayala R. Sistemática de los taxa supraespecíficos de las abejas de la tribu Centridini [Tesis doctoral]. México D.F.: Universidad Nacional Autónoma de México; 1998. p. 280.

Barrientos EM. Abejas visitantes de papa (*Solanum tuberosum* L.), en tres agroecosistemas de los departamentos de Cundinamarca y Boyacá, Colombia [Tesis de Maestría en Ciencias-Entomología]. Medellín: Universidad Nacional de Colombia; 2012. p. 98.

Buchmann SL. Buzz pollination in angiosperms. Handbook of Experimental Pollination Biology (eds Jones, C. E. & Little, R. J.). Scientific and Academic Editions, New York. 1983; pp. 73-113.

Cane JH. Squash pollinators of the Americas survey (SPAS). Usda. Agricultural Research Service. 2005. Disponible en: http://www.ars.usda.gov/_[Consultado el 10 de marzo de 2014].

Cane JH, Sampson B, Miller S. Pollination value of male bees: The specialist bee *Peponapis pruinosa* (Apidae) at summer squash (*Cucurbita pepo*). Environ Entomolo 2011; 40(3): 614-620. Doi: http://dx.doi.org/10.1603/EN10084

Camargo J (ed.) Manual de apicultura. São Paulo, Brasil: Editora Agronômica Ceres; 1970. 252 pp

Canto- Aguilar MA, Parra- Tabla V. Importance of conserving alternative pollinators: assessing the pollination efficiency of the squash bee, *Peponapis limitaris* in *Cucurbita moschata* (Cucurbitaceae). J Insect Conserv. 2000; 4(3): 203-210. Doi: 10.1023/A:1009685422587

Celis CJ, Aguilar ML, Cure JR. Aspectos biológicos de *Caenohalictus* sp. (Hymenoptera, Halictidae) de zonas altoandinas de Cundinamarca, Colombia. VI Encuentro Colombiano sobre abejas silvestres, Bogotá, Colombia. 2012.

Cháves F. Aspectos de la biología reproductiva de una población de *Wigginsia vorwerckiana* (Cactaceae) [Trabajo de pregrado]. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia. 2000.

Couto, LA, Mendes, JN. Influência da polinização entomófila na cultura do feijão guandu (*Cajanus cajan* L.). En: Souza DC. Anais XI Congresso Brasileiro de Apicultura. Teresina-PI: Confederação Brasileira de Apicultura; 1996. p.329.

Engel M. Notes on the Augochlorine bee genus *Chlerogas* (Hymenoptera: Halictidae). Caldasia. 2009; 31(2): 449-457.

Engel M. Revision of the bee genus *Chlerogella* (Hymenoptera: Halictidae) part II: South American species and generic diagnosis. Koo Keys. 2010; 47: 1-100.

Engel M, González VH. A new species of *Chlerogas* from the Andes of Central Colombia (Hymenoptera: Halictidae). Caldasia. 2009; 31(2): 441-447.

Engel M, Klein B. *Neocorynurella*, a new genus of Augochlorine bees from South America (Hymenoptera: Halictidae). Deut Entomol Z. 1997; 44(2): 155-163. Doi: 10.1002/mmnd.19970440207

Fernández-Alonso JL. Estudios en Labiatae VII – Hibridación en el género *Salvia* en Colombia y su interés horticultural. Caldasia. 2008; 30(1): 21-48.

Fernández DC, Zambrano G. Abejas silvestres como estrategia de monitoreo de restauración ecológica en tres veredas del Corregimiento La Gallera (Tambo, Cauca), zona de amortiguación del Parque Nacional Natural Munchique (PNNM). Bol Cient Mus Hist Nat. 2011; 15(1): 51 – 59.

Free JB. Insect pollination of crops. 2° Ed. Londres: Academic Press; 1993. p. 684

Freitas BM. Uso e eficiência de polinização das abelhas solitárias. Conferencia magistral. III Encuentro colombiano sobre abejas silvestres. Santa Marta. Colombia. 2006. p. 14.

Freitas BM, Imperatriz- Fonseca VL, Medina LM, Kleinert AMP, Galleto L, Nates-Parra G, *et al.* Diversity, threats and conservation of native bees in the Neotropics. Apidologie. 2009; 40: 332-46. Doi: 10.1051/apido/2009012

Gaglianone MC, Salgado-Rocha HE, Rodrigues-Benevides C, Junqueira C, Augusto CS. Importância de Centridini (Apidae) na polinização de plantas de interesse agrícola: o maracujá-doce (*Passiflora alata* Curtis) como estudo de caso na região sudeste do Brasil. Oecologia Australis. 2010; 14(1): 152-164

Garófalo CA, Camillo E, Serrano JC. Espécies de abelhas do gênero *Centris* (Hymenoptera, Anthophoridae) nidificando em ninhos armadilhas. Ci Cult. 1989; 41: 799.

Garibaldi LA, Steffan- Dewenter I, Winfree R, Aizen MA, Bommarco R, Cunningham SA. Wild pollinators enhance fruit set of crops regardless of honey bee abundance. Science. 2013; 339(6127): 1608- 1611

Garófalo CA, Martins CF, Alves dos Santos I. The Brazilian solitary bees species caught in traps nests. En: Freitas BM, Pereira JO, editors. Solitary bees: Conservation, rearing and management for pollination. Fortaleza: Imprensa Universitária; 2004; 77: 84.

Gómez EP. Reconocimiento de las abejas silvestres y su importancia ecológica: una estrategia educativa para la conservación del bosque alto andino (La Capilla, Boyacá) [Trabajo de pregrado]. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional. 2012. p. 148.

González VH, Cháves F. Nesting biology of a new high Andean bee, *Anthophora walteri* (Hymenoptera: Apidae: Anthophorini). J Kans Entomol Soc. 2004; 77(4): 584-592.

González VH, Griswold T. *Heriades tayrona* n. sp., the first osmiine bee from South America (Hymenoptera: Megachilidae). J Kans Entomol Soc. 2011; 84(4): 255–259. Doi: http://dx.doi.org/10.2317/JKES110317.1

González VH. Dos especies nuevas de abejas (Hymenoptera) de la ciudad de Bogotá (Colombia). Rev Colomb Entomol. 2006; 32(1): 93-96.

González VH, Ospina M. Nuevos registros genéricos de abejas (Hymenoptera: Apoidea) para Colombia. Acta Biolo Colomb. 2006; 11(1): 89-90.

González VH, Ospina M. Nest structure, seasonality, and host plants of *Thygater aethiops* (Hymenoptera: Apidae, Eucerini) in the Andes. J Hymenopt Res. 2008; 17(1): 110-115.

González VH, Ospina M, Palacios E, Trujillo E. Nesting habitats and rates of cell parasitism in some bees species of the genera *Ancyloscelis*, *Centris* and *Euglossa* (Hymenoptera: Apidae) from Colombia. Bol Mus Entomol Univ Valle. 2007; 8(2): 23-29.

González VH, Smith- Pardo AH, Bogotá G. Two new Andean species of *Neocorynura* González (Hymenoptera: Halictidae: Augochlorini) with notes on their biology. Stud Neotrop Fauna Environ. 2006; 41(3): 197-208. Doi:10.1080/01650520600630782

Harter B, Leistikow C, Wilms W, Truylio B, Engels W. Bees collecting pollen from flowers with poricidal anthers in a south Brazilian *Araucaria* forest: a community study. J Apicul Res. 2002; 40(1-2): 9:16.

Hurd P, Linsley G, Whitaker T. Squash and gourd bees (*Peponapis*, *Xenoglossa*) and the origin of the cultivated *Cucurbita*. Evolution. 1971; 25: 218-234.

Javorek SK. The potential of the alfalfa leafcutter bee *Megachile rotundata* Fabr. (Hymenoptera: Megachilidae) as a pollinator of lowbush blueberry (*Vaccinium Angustifolium* Ait., *V. Myrtilloides* Michx.) Wolfville, Nueva Escocia: Acadia University; 1996

Krug C, Alves Dos Santos I, Cane J. Visiting bees of *Cucurbita* flowers (Cucurbitaceae) with emphasis on the presence of *Peponapis fervens* Smith (Eucerini – Apidae) - Santa Catarina, Southern Brazil. Oecologia Australis. 2010; 14(1): 128-139. Doi:10.4257/oeco.2010.1401.06

Magalhães CB, Freitas BM. Introducing nests of the oil- collecting bee *Centris analis* (Hymenoptera: Apidae: Centridini) for pollination of acerola (*Malpighia emarginata*) increases yield. Apidologie. 2013; 44(2): 234-239. Doi: 10.1007/s13592-012-0175-4

Medina J, Ospina R, Nates- Parra G. Efectos de la variación altitudinal sobre la polinización en cultivos de gulupa (*Passiflora edulis f. edulis*). Acta biol Colomb. 2012; 17(2): 379–394. Doi: http://dx.doi.org/10.15446/abc.v17n2.28141

Meléndez- Ramírez, Magaña-Rueda S, Parra-Tabla V, Ayala R, Navarro J. Diversity of native bee visitors of cucurbit (Cucurbitaceae) in Yucatán, México. J Insect Conser. 2002; 6(3): 135-147. Doi: 10.1023/A:1023219920798

Melo D. Diagnóstico para la cría y conservación de abejas polinizadoras de granadilla (*Passiflora ligularis* Juss) en Buenavista, Boyacá, Colombia [Trabajo de pregrado]. Bogotá: Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia; 2007.

Mendez F, Rêgo M. Nidificação de *Centris (Hemisiella) tarsata* Smith (Hymenoptera, Apidae, Centridini) em ninhos armadilhas no Nordeste do Maranhão, Brasil. Rev Bras Ent. 2007; 51: 382-388.

Michener CD. The bees of the world. 1a ed. Baltimore: The Johns Hopkins University Press; 2000. p. 913.

Michener CD. The bees of the world. 2a ed. Baltimore: The Johns Hopkins University Press; 2007. p. 953

Montes RC, Vallejo FA, Baena DG. Diversidad genética de germoplasma colombiano de zapallo (*Cucurbita moschata* Dúchesne Exp. Prior). Acta Agron. 2004; 53(3): 43- 50.

Montoya PM. Algunas observaciones en agregados de abejas solitarias en el santuario de flora y fauna Iguaque, Boyacá, Colombia. II Encuentro Colombiano sobre abejas silvestres. Bogotá, Colombia. 2004. 44 pp

Moure JS, Urban D, Melo GAR. (Orgs). Catalogue of bees (Hymenoptera, Apoidea) in the Neotropical Region - versión en línea. 2007. Disponible en http://www.moure.cria.org.br/catalogue [Última visita 20 de septiembre de 2012].

.Nates-Parra G. Notas preliminares sobre la familia Halictidae en Colombia I. Tribu Augochlorini. Tacayá. 1994;2: 5 - 6.

Nates-Parra G.. Notas preliminares sobre la familia Halictidae en Colombia II. Tribu Halictini. Tacayá 1995; 3:8-10

Nates-Parra G, González VH. Las abejas silvestres de Colombia: por qué y cómo conservarlas. Acta Biol Colomb. 2000; 5(2): 5–37. Doi: http://dx.doi.org/10.15446/abc.v5n1.26678

Nates-Parra G, Parra A, Rodríguez A, Baquero P, Vélez E. Abejas silvestres (Hymenoptera: Apoidea) en ecosistemas urbanos: Estudio en la ciudad de Bogotá y sus alrededores. Rev Colomb Entomol. 2006; 32(1): 77-84.

Nuñez LA, Sánchez J, Vélez D. Polinización de *Byrsonima crassifolia* y *Byrsonima* sp. (Magnoliopsida: Malpighiaceae) por abejas colectoras de aceite Centridini (Insecta: Apidae) en bosque de piedemonte en la Orinoquia de Colombia. V Encuentro colombiano sobre abejas silvestres y III Congreso colombiano de zoología, Medellín, Colombia. 2010. p. 270.

Nunes-Silva P, Hrncir M, Imperatriz-Fonseca VJ. A polinização por vibração. Oecologia Australis. 2010; 14(1): 140-151.

Ospina M. Abejas del género *Thygater* Holmberg, 1884 (Hymenoptera: Apidae: Eucerini) en Colombia [Trabajo de pregrado]. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia. 2002. 85 pp

Palacios E. Algunas abejas solitarias (Hymenoptera: Apoidea: Megachilidae) de Santa Marta (Magdalena, Colombia) adaptadas a nidos trampa. III Encuentro colombiano sobre abejas silvestres. Santa Marta. Colombia. 2006. p. 43.

Pinilla-Gallego MS, Nates-Parra G. Visitantes florales y polinizadores en poblaciones silvestres de agraz (*Vaccinium meridionale*) del bosque andino colombiano. Rev Colomb Entomol. 2015;41(1):112-119.

Pinilla MS, Nieto V, Nates-Parra G. Recurso polínico y ciclo estacional de *Thygater aethiops* (Hymenoptera: Apidae) en un ambiente urbano (Bogotá-Colombia). Aceptado Rev. Biol Trop. 2016; 64 (3).

Quijano C, Parra A, Nates-Parra G. Observaciones preliminares de la estructura y arquitectura de los nidos de *Thygater aethiops* mediante el uso de moldes de parafina. I Encuentro colombiano sobre abejas silvestres, Bogotá, Colombia. 2002. 51 p

Ramos MC, Mendes F, Rêgo MMC, Albuquerque PMC. Nidificação e forrageamento de *Centris (Ptilotopus) maranhensis* Ducke (Hymenoptera, Apidae, Centridini). Rev Bras Zool. 2007a; 24(4): 1006-1010. Doi:10.1590/S0101-81752007000400017

Ramos MC, Rêgo MMC, Albuquerque PMC. Ocorrência de *Centris vittata* Lepeletier (Hymenoptera, Apidae, Centridini) no cerrado s.l. do nordeste do Maranhão, Brasil. Acta Amaz. 2007b; 37(1): 165-168. Doi: http://dx.doi.org/10.1590/S0044-59672007000100022

Ramos M, Albuquerque PMC, Rêgo M. Nesting behavior of *Centris (Hemisiella) vittata* Lepeletier (Hymenoptera: Apidae) in an area of the Cerrado in the northeast of the state of Maranhão, Brazil. Neotrop Entomol. 2010; 39(3): 379-383. Doi: http://dx.doi.org/10.1590/S1519-566X2010000300011

Reina D, Riaño DA, Aguilar ML. Levantamiento de visitantes florales (Hymenoptera: Apoidea) presentes en la Reserva Forestal Privada, Parque Mirador Montaña del Oso, Chía-Cundinamarca. VI Encuentro Colombiano sobre abejas silvestres. Bogotá, Colombia. 2012.

Rêgo MMC, Albuquerque PMC. Comportamento das abelhas visitantes de murici, *Byrsonima crassifolia* (L.) Kunth, Malpighiaceae. Bol Mus Para Emílio Goeldi sér. Zool. 1989; 5: 179-193.

Rêgo MC, Albuquerque PMC, Ramos MC, Carreira LM. Aspectos da biologia de nidificação de *Centris flavifrons* (Friese) (Hymenoptera: Apidae, Centridini), um dos principais polinizadores do murici (*Byrsonima crassifolia* L. Kunth, Malpighiaceae), no Maranhão. Neotrop Entomol. 2006; 35(5): 579-587. Doi: http://dx.doi.org/10.1590/S1519-566X2006000500003

Schlindwein C. Importância de abelhas especializadas na polinização de plantas nativas e conservação do meio ambiente, Anais do encontro sobre abelhas. 2000; 4: 131-141.

Schlindwein C. ¿Are oligolectic bees always the most effective pollinator? In: Freitas BM, Pereira JQP, editores. Solitary bees: Conservation, rearing and management for pollination. Fortaleza: Imprensa Universitária. 2004. p: 231-240.

Sepúlveda PA. Diversidad de abejas (Hymenoptera: Apoidea: Anthophila) en cultivos de papa (*Solanum tuberosum* L.) y su efecto en la polinización [Tesis de doctorado]. Medellín: Universidad Nacional de Colombia; 2013.

Tepedino VJ. The pollination efficiency of the squash bees (*Peponapis pruinosa*) and the honey bee (*Apis mellifera*) on summer squash (*Cucurbita pepo*). J Kans Entomol Soc. 1981; 54(2): 359-377.

Vélez ED, Baquero P. Observaciones preliminares del comportamiento de forrajeo de *Thygater aethiops* sobre *Abelia grandiflora* en el jardín botánico José Celestino Mutis. I Encuentro colombiano sobre abejas silvestres, Bogotá, Colombia. 2002.64-65

Vélez RI. Una aproximación a la sistemática de abejas silvestres de Colombia [Tesis de maestría]. Medellín: Universidad Nacional de Colombia. 2009. p. 346.

Vélez ED. Revisión del género *Centris* Fabricius, 1804 (Hymenoptera: Apidae: Centridini) en Colombia [Tesis de maestría]. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia. 2012. 281 pp

Vélez ED, Vivallo F. A new South American species of *Centris* (*Heterocentris*) Cockerell, 1899 with a key to the species with horn-like projections on the clypeus (Hymenoptera: Apidae: Centridini). Zootaxa. 2012; 3357: 49–55

Vitti D, Salto C, Sosa MA, Luiselli S. Insectos en girasol. Polinizadores, fitófagos y entomófagos. 2008. Ediciones Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria INTA, Argentina. p. 54

Zambrano G, González VH, Hinojosa-Díaz IA, Engel MS. Bees visiting squash (*Cucurbita moschata* Dushesne ex Poiret) in southwestern Colombia (Hymenoptera: Apoidea). J Melittology. 2013; 18: 1-5.

Zhao L, Sun H, Peng B, LI J, Wang S, Li M, *et al.* Pollinator effects on genotypically distinct soybean cytoplasmic male sterilelines. Crop Sci. 2009; 49: 2080-2086. Doi: http://dx.doi.org/10.2135/cropsci2008.11.0662

CAPÍTULO 11

ABEJAS DEL MARACUYÁ: GÉNERO *Xylocopa* LATREILLE, 1802

Ángela T. Rodríguez-Calderón[1,2]
[1]Departamento de Biología, Laboratorio Investigaciones en Abejas Universidad Nacional de Colombia
[2] Subdirección Científica, Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis.
atrodriguezc@unal.edu.co

El género *Xylocopa*, único género de la tribu Xylocopini (Michener, 2007), incluye especies de abejas grandes y robustas, que pueden alcanzar hasta 3 cm de longitud corporal, las hembras son generalmente de color negro, algunas con tonalidades metálicas, y los machos de varias especies son amarillos. Nidifican en la madera, donde excavan galerías con varias ramificaciones y orificios de salida. Son conocidas popularmente en nuestro país como abejorros, abejones (a veces se confunden con los abejorros sociales del género *Bombus*), abejones toro, cucarrones, o abejorros del maracuyá; como anotan González *et al.* (2009), el apelativo de "abejas carpinteras" hace alusión a sus hábitos de nidificación y se utiliza en publicaciones científicas y otros países. Otro de sus aspectos llamativos es su papel como agentes polinizadores, en particular su estrecha relación con plantas de la familia Passifloraceae.

TAXONOMÍA

En el mundo existen aproximadamente 470 especies del género *Xylocopa* (Michener, 2007) que habitan en las zonas tropicales y subtropicales, y ocasionalmente en zonas templadas. En el neotrópico se registran 96 especies pertenecientes a 17 subgéneros (Moure, 2013) y para Colombia el número de especies puede estar alrededor de 20 o 30 según las diferentes revisiones realizadas para el grupo: Fernández (1995) reporta 28 especies, Cruz (1996) 20, Ospina (2000) 28, Smith-Pardo (2003) 33, Vélez (2009) 36, González *et al.* (2009) 34, Moure (2013) 23 y Discover life (Discoverylife, 2012; citado por González *et al.*, 2009) 23 especies (dos de ellas con distribución probable).

La lista unificada de especies del género *Xylocopa*, elaborada a partir de González *et al.* (2009) se muestra en la Tabla 11.1.

Algunas características que permiten diferenciar a las abejas del género *Xylocopa* según Michener (2007) y Lucía (2011) incluyen características de las alas, como la ausencia de estigma, presencia de un largo preestigma, tres celdas submarginales, la segunda

de forma trapezoidal más estrecha hacia el área costal, y partes distales fuertemente papiladas; en las antenas el primer segmento flagelar más largo que el segundo y el tercero juntos; en las partes bucales una proboscis relativamente corta y la presencia de gáleas fuertemente esclerotizadas; y en las patas arolio ausente y hembras con escopa bien desarrollada en la tibia y el basitarso posteriores.

Tabla 11.1. Especies de *Xylocopa* reportadas para Colombia

Subgénero	Especie
Notoxylocopa	*Xylocopa tabaniformis* Smith, 1854
Stenoxylocopa	*Xylocopa artifex* Smith, 1874 *
Stenoxylocopa	*Xylocopa lehmanni* Friese, 1903
Neoxylocopa	*Xylocopa aeneipennis* (De Geer, 1773)
Neoxylocopa	*Xylocopa aurulenta* (Fabricius, 1804)
Neoxylocopa	*Xylocopa brasilianorum* (Linnaeus, 1767)
Neoxylocopa	*Xylocopa chrysoptera* Latreille. 1809
Neoxylocopa	*Xylocopa fimbriata* Fabricius, 1804
Neoxylocopa	*Xylocopa frontalis* (Linnaeus, 1767)
Neoxylocopa	*Xylocopa lachnea* Moure,1951
Neoxylocopa	*Xylocopa mastrucata* Pérez, 1901
Neoxylocopa	*Xylocopa mordax* Smith,1874
Neoxylocopa	*Xylocopa nasica* Pérez, 1901
Neoxylocopa	*Xylocopa ocellaris* Pérez, 1901
Neoxylocopa	*Xylocopa orthogonaspis* Moure,2003
Neoxylocopa	*Xylocopa rotundiceps* Smith,1874
Neoxylocopa	*Xylocopa similis* Smith,1874
Neoxylocopa	*Xylocopa transitoria* Pérez, 1901
Schonnherria	*Xylocopa anthophoroides* Smith,1874
Schonnherria	*Xylocopa dimidiata* Latreille. 1809
Schonnherria	*Xylocopa ecuadorica* Cockerell,1909
Schonnherria	*Xylocopa electa* Smith, 1874 **
Schonnherria	*Xylocopa lateralis* Say, 1837
Schonnherria	*Xylocopa lucida* Smith,1874
Schonnherria	*Xylocopa macrops* Lepeletier, 1841
Schonnherria	*Xylocopa maidli* Maa, 1940
Schonnherria	*Xylocopa metallica* Smith,1874
Schonnherria	*Xylocopa muscaria* (Fabricius, 1804)
Schonnherria	*Xylocopa ornata* Smith,1874
Schonnherria	*Xylocopa pulchra* Smith,1854
Schonnherria	*Xylocopa simillima* Smith,1854

Subgénero	Especie
Schonnherria	*Xylocopa splendidula* Lepeletier, 1841
Schonnherria	*Xylocopa subcyanea* Pérez, 1901
Schonnherria	*Xylocopa subzonata* Moure, 1949
Schonnherria	*Xylocopa varians* Smith,1874
Schonnherria	*Xylocopa viridis* Smith,1854

*Citada por Vélez (2009), pero reportada por González et al. (2009) como un error de identificación que ya había sido corregido por Hurd (1978). ** Reportada por Vélez (2009), pero no presente en Colombia según Moure (2013).

Los trabajos de revisión taxonómica para *Xylocopa* en nuestro país son escasos. Además de una revisión no publicada por Cruz (1996) se cuenta con la publicación de González *et al.* 2009, que incluye una clave para los subgéneros y una clave parcial para las hembras de las especies más comunes de los subgéneros *Neoxylocopa* y *Schonnherria.*

DISTRIBUCIÓN

Este género de abejas se encuentra en todo el mundo, y está más diversificado en las zonas tropicales y subtropicales. En Colombia está distribuido en todas las regiones del país (Ospina, 2000; Lucía, 2011) desde el nivel del mar hasta 2.700 m de altitud (Ospina, 2000; Vélez, 2009), incluso se han capturado en zonas urbanas altoandinas como Bogotá D.C. y se asume que pueden llegar a estos sitios transportadas accidentalmente por el hombre o como transeúntes (González *et al.*, 2005; Nates-Parra *et al.*, 2006).

HISTORIA NATURAL

Comportamiento social y nidificación

El género *Xylocopa* se ha considerado tradicionalmente como un grupo de abejas de comportamiento predominantemente solitario (Michener, 1974), pero pueden exhibir en ciertas ocasiones algunos rasgos de gregarismo, dando lugar a las también llamadas comunidades coloniales en las que varias abejas hermanas pueden quedarse conviviendo en el nido hecho por la madre; con la salvedad de que cada hija tiene una entrada propia a las cámaras de cría, como es el caso de *X. sauteri* (Iwata, 1964; citado en Michener, 1974).

Para el caso de las especies presentes en Colombia se ha demostrado cierto grado de sociabilidad, ya que pueden encontrarse varias hembras con comportamiento cooperativo en un mismo nido como lo observaron Caicedo *et al.* (1995) y Fernández y Nates-Parra (1985), quienes capturaron varias hembras adultas morfológicamente idénticas que estaban retornando al mismo nido y realizando labores conjuntas.

Estas abejas nidifican preferentemente en la madera, donde excavan galerías valiéndose de secreciones de sus glándulas mandibulares y de sus poderosas mandíbulas, o en cavidades de cañas. Tienen preferencia por maderas ligeramente blandas y no muy resinosas para el establecimiento de sus nidos (Fernández y Nates-Parra, 1985; Caicedo *et al.*, 1993b, Caicedo *et al.*, 1995; Freitas y Oliveira, 2001).

Para Colombia se han realizado varios estudios que describen el comportamiento y preferencias de sustrato para la nidificación de algunas especies de *Xylocopa*. Fernández y Nates-Parra (1985) estudiaron nidos en la región de La Macarena, departamento del Meta, y encontraron que siempre utilizaban madera muerta y que exhibían un comportamiento cuasi social. Caicedo *et al.,* (1993a) determinaron que el sustrato preferido por *Xylocopa* en un cultivo de maracuyá en el Valle del Cauca era siempre madera muerta, preferiblemente de *Eucalyptus* sp. (Caicedo *et al.* 1993b). Cruz (1996) reporta una lista de siete especies de plantas cuya madera es utilizada como sustrato para nidos de varias especies de *Xylocopa*. Según Peláez (2004b), *Cedrela montana* (cedro), *Psidium guajava* (guayabo) e *Inga edulis* (guamo) son los sustratos preferidos de *X. frontalis,* y *Gliricidia sepium* (matarratón) de *Xylocopa aeneipennis* en Viterbo (Caldas, Colombia). Franco *et al.* (2007) en un estudio en el municipio de Guarne (Antioquia), encontraron nidos de *Xylocopa* en la madera de *Lecythis* sp., *Cupressus* sp. y *Bejaria aestuans* y por observaciones personales (Nates-Parra) determinó que los troncos viejos de *Theobroma cacao* (cacao) son usados por esos insectos para hacer sus nidos. Trabajos recientes en Buenavista-Boyacá (Pinilla-Gallego y Nates-Parra, 2015), revelan que los tubos de bambú son un sustrato viable para inducir la nidificación.

Los hallazgos en cuanto a las preferencias de nidificación de *Xylocopa* han facilitado posteriores estudios en los que se ha logrado incrementar el tamaño poblacional de estas abejas en torno a cultivos de interés. Las técnicas de cría que se han implementado con estas abejas van desde el simple traslado de los troncos en los que anidan hasta la elaboración de sofisticados cajones de madera. Se ha demostrado que el incremento poblacional ha repercutido en el favorecimiento de los rendimientos de producción (Caicedo *et al.*, 1993 a, 1993b; Camillo, 1998; Pereira y Garófalo, 2010).

POLINIZACIÓN

Las abejas del género *Xylocopa* poseen varias características que las hacen polinizadores importantes tanto en áreas naturales como en cultivos. Pese a ser generalistas, tienen adaptaciones como una alta tolerancia a temperaturas altas o bajas (Keasar, 2010), probablemente controlado por un centro de termorregulación ubicado en el protórax (Volynchik *et al.,* 2006). Además poseen un sistema complejo de balance hídrico, dado que a menudo ingieren exceso de agua durante el forrajeo de néctar, así mismo excretan agua antes y durante el vuelo o realizan la evaporación del agua del néctar ingerido. Por otra parte, son capaces de realizar polinización por zumbido y tienen la talla adecuada para polinizar flores de mayor tamaño que el de flores polinizadas por *Apis mellifera* .

Uno de los aspectos más llamativos de estas abejas es su importancia como polinizadores de Passifloraceae, tanto en ambientes naturales (Mcguire, 1999), como en cultivos comerciales (Roubik, 1995; Camillo, 1998; Freitas y Oliveira, 2003). Aunque también aportan este servicio a otros cultivos como tomate (Hogendoorn, 2000; Buchman, 2004), algodón (Watmouth, 1974; Waller *et al.*, 1985), melón (Sadeh *et al.*, 2007), calabaza, (Ávila *et al.*, 1989) y feijoa (Roubik, 1995).

PANORAMA ACTUAL DEL ESTUDIO DE *XYLOCOPA* EN COLOMBIA

Las contribuciones al conocimiento de las abejas del género *Xylocopa* en Colombia, están adquiriendo importancia, diferentes grupos de investigación, en varias oportunidades han emprendido iniciativas para estudiar el papel de estas abejas en la polinización, especialmente de las pasifloráceas.

En el laboratorio de investigaciones en abejas LABUN, desde el 2007 se desarrollan estudios de biología floral y reproductiva enfocados a establecer la base para emprender estudios sobre la interacción con abejas y su polinización, con énfasis en las especies de *Passiflora* de mayor interés económico. El trabajo de Melo *et al.* (2010) para granadilla (*P. ligularis*) mostró que es alógama, pero autocompatible facultativa; Ángel *et al.* (2011) registraron que la gulupa (*P. edulis* f. *edulis*) tiene una estrategia floral mixta con el potencial para promover endogamia y entrecruzamiento genético; para cholupa (*P. maliformis*) Henao (2014) encontró que es una especie estrictamente alógama, de preferencia xenógama la cual depende de vectores animales activos para lograr fecundación efectiva y formación de frutos.

Otro aspecto es el referente a los visitantes y polinizadores, en lo cual se ha avanzado en el estudio de la granadilla. Melo (2007) encontró abejas del género *Xylocopa* entre los polinizadores más eficientes (Fig. 11.1); Medina-Gutiérrez *et al.* (2012) determinó que *X. lachnea* y *X. frontalis* son visitantes y polinizadores de la gulupa. En trabajos realizados en cholupa se ha observado *X. frontalis* como un visitante importante y potencial polinizador (Rodríguez-C. 2014).

Todos estos avances en el conocimiento de la biología básica de la interacción *Xylocopa- Passiflora*, han llevado a plantear estudios sobre el efecto del incremento de nidos en zonas de influencia de cultivos, como el trabajo de Pinilla-Gallego y Nates-Parra (2015) en Buenavista Boyacá, en el que además de explorar la viabilidad de la cría de *Xylocopa* a través de nidos trampa, evalúa la introducción de nidos trampa sobre la producción de frutos en tres Passifloraceae: granadilla, gulupa y maracuyá y encontraron que en el caso de los cultivos de granadilla y maracuyá se podría incrementar el porcentaje de formación de frutos mediante la introducción de nidos trampa de tubos de bambú y troncos de eucalipto (Fig. 11.2)



Figura 11.1 Hembra de *Xylocopa lachnea* en contacto con las anteras en la flor de granadilla.Buenavista, Boyacá Foto: J. Medina



Figura 11.2 Nidos trampa de bambú ocupados por abejas del género Xylocopa. Buenavista, Boyacá. Foto MS. Pinilla

Otras iniciativas importantes son las de Peláez (2004a) en la que se aplicó el concepto de trampas florales para “distraer” a *Apis mellifera* y minimizar sus visitas a flores de maracuyá, lo cual favorecería indirectamente la polinización efectiva por parte de otros agentes. El mismo autor realizó el estudio de los recursos florales usados por *X. viridis*, *X. fimbriata* y *X. aeneipennis* en el valle del río Risaralda, por medio del análisis palinológico de muestras de deposiciones de las hembras a la entrada de los nidos (Peláez, 2004b). Por otra parte, Franco *et al.* (2007) realizaron un estudio del efecto de factores incidentes en la población de *Xylocopa* en zonas de influencia de cultivos de granadilla en Antioquia, y reportaron poca presencia de *Xylocopa* debida a tres factores principales, la escasez de sustratos de nidificación, la competencia de recursos con *A. mellifera* y el uso indiscriminado de agroquímicos.

Varios aportes al estudio de la relación *Xylocopa* - planta han sido aportados por L.A. Núñez, investigador de la Universidad Nacional de Colombia y de la Universidad de La Salle. Entre ellos están: Carreño *et al.* (2009) en el que determinaron que *X. frontalis* y *X. fimbriata* son los principales polinizadores de *Passiflora foetida* y *P. bicornis*; Núñez y Carreño (2010) reportan representantes del género *Xylocopa* como visitantes y polinizadores por zumbido de *Bixa urucurana;* el trabajo de recursos florales y papel en la polinización de la abeja *X. fimbriata* en el Casanare (Núñez *et al*., 2009), en el cual encontraron que esta especie visitó 20 especies de plantas de diferentes familias botánicas; y finalmente los trabajos presentados en el II Congreso Latinoamericano de Pasiflora en los que se trata la eficiencia de polinizadores del maracuyá (Núñez, 2013a) y la evaluación de la biología reproductiva de tres especies de pasifloras silvestres en la Orinoquía Colombiana (Núñez, 2013b).

Recientemente el grupo liderado por John Ocampo, Investigador del CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical) y de la Universidad Nacional de Colombia sede Palmira, ha realizado estudios de la biología reproductiva de maracuyá, granadilla y gulupa como base para un programa de mejoramiento genético que permita hacer frente al efecto del cambio climático (Rendón *et al.*, 2013a; 2013b; Arias *et al.*, 2014).

Con respecto al estudio de la polinización con un enfoque a escala de paisaje se destaca el trabajo de Calle *et al.* (2010), en el que se pone de manifiesto el problema del aislamiento de los bosques y la aplicación de plaguicidas como la causa de la baja densidad de polinizadores del género *Xylocopa,* en cultivos de maracuyá en los departamentos de el Valle del Cauca, Meta y Huila.

Otro aspecto a resaltar es el aprovechamiento de la interacción *Xylocopa- Passiflora* en el ámbito pedagógico. En la Universidad de la Salle, sede Yopal, jóvenes campesinos de diferentes zonas del país, se forman como ingenieros agrónomos; en los cultivos que tienen disponibles realizan estudios sobre la biología de la polinización en pasifloras y han encontrado que en esta región el polinizador más importante de la badea y el maracuyá es *Xylocopa* sp. Actualmente están identificando los sitios de nidificación preferidos por estas especies, para desarrollar estrategias de conservación y aumento de poblaciones en las zonas aledañas a los cultivos (Obregón y Lozano, 2013).

CONSIDERACIONES FINALES

Las abejas del género *Xylocopa* exhiben una interesante versatilidad en su comportamiento, en las zonas en las que habitan y en sus interacciones, lo que las hace especialmente llamativas para emprender iniciativas de polinización en cultivos de interés comercial. Actualmente existe en Colombia un creciente interés en el servicio de polinización prestado por *Xylocopa*, principalmente en pasifloras.

El papel de los abejorros del maracuyá es poco a poco más reconocido por diferentes estamentos de las cadenas productivas, sin embargo, es mucho lo que queda por hacer en cuanto al estudio de estas abejas y en cuanto a la divulgación de resultados de las investigaciones al sector productivo, para promover la toma de conciencia acerca de la importancia de mantener estos abejorros, sus sitios de nidificación y las fuentes complementarias para su alimentación.

Es urgente hacer un llamado de atención en cuanto al tema de la aplicación de agroquímicos que son nocivos para estos polinizadores y por ende causan pérdidas en la producción y aumento de costos para los que deben suplir este servicio con polinización manual. Es poco lo que se ha publicado acerca de la influencia de los plaguicidas en los diferentes grupos de abejas en nuestro país, para el caso particular de las abejas del maracuyá, las fuentes de contacto con los pesticidas son todas las posibles relacionadas a su actividad forrajeadora y de supervivencia recolección de polen, libado de néctar y reserva de polen y néctar para larvas, tal como ha sido reportado para especies del género *Bombus, Megachile rotundata* y *Osmia cornuta* (European Food Safety Authority, 2012).

El trabajo realizado por Henao-C y Ramírez (2014) es una primera aproximación que aborda este tema, consiste en una revisión inicial de temas de ecotoxicidad, persistencia, destino ambiental y afección focal sobre abejas: severidad, persistencia en colmenas y tejidos, daños biológicos, dosis media letal y recomendaciones para la aplicación de los principales plaguicidas utilizados en cultivos de pasifloráceas en Colombia según observaciones en campo y trabajos como el de Wyckhuys (2010). Dentro de sus resultados reportan que de 23 plaguicidas el 53% presentan toxicidad biológica alta o extrema y sólo dos de ellos; Palmarol y Tetradifón se consideran no tóxicos si son utilizados bajo las dosis recomendadas de aplicación. Sin embargo, se requiere que este tema sea abordado con mucha más profundidad para obtener el soporte necesario que requieren as campañas para el uso racional u omisión de tóxicos para las abejas.

Actualmente, ésta es una de las amenazas más alarmantes que sufren las abejas en general, además de la disminución de cantidad y diversidad de fuentes alimenticias, aunque al caso de las abejas del género *Xylocopa* se le suma el efecto de la deforestación creciente, ya que los sustratos de nidificación, madera muerta y cavidades, que en espacios naturales están disponible en los bosques conservados y en regeneración, son más limitantes que las fuentes de alimento ya que estas abejas son generalistas y de rango de vuelo amplio.

Para conservar estas abejas es necesario no solamente incrementar sus poblaciones por el beneficio económico de su servicio de polinización, sino propiciar el manejo integral de los agroecosistemas que requieren para su establecimiento y forrajeo.

REFERENCIAS

Ángel C, Nates-Parra G, Ospina R, Melo D, Amaya M. Biología floral y reproductiva de la gulupa *Passiflora edulis* Sims f. *edulis*. Caldasia. 2013; 33(2): 413-431.

Arias JC, Ocampo J, Urrea R. La polinización natural en el maracuyá *(Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Degener) como un servicio reproductivo y ecosistémico. Agronomía Mesoamericana 2014; 25(1):73-83.

Ávila C, Martinho MR., Campos JP.. Polinização e polinizadores na produção de frutos e sementes híbridas de abóbora (*Cucurbita pepo*). An Soc Entomol Bras. 1989; 18(1): 13-19.

Buchmann S. Aspects of Centridine biology (*Centris* spp.) importance for pollination, and use of *Xylocopa* spp. as greenhouse pollinator of tomatoes and other crops. En: Freitas, B. M. & J. O. P. Pereira (eds.), Solitary bees. Conservation, rearing and management for pollination. Imprensa Universitária, Fortaleza, 2004. p. 203-211.

Caicedo G, Vargas H, Fernández F. Fauna asociada con los nidos de las abejas carpinteras *Xylocopa* spp. (Hymenoptera: Anthophoridae). Rev Colomb Entomol. 1995; 21(2): 83-86.

Caicedo G, Vargas H, Gaviria J. Estudio del modelo natural de asentamiento de *Xylocopa* (Hymenoptera: Anthophoridae) para la adaptación de refugios en el cultivo de maracuyá (*Passiflora edulis* var. *flavicarpa* Degener). Rev Colomb Entomol. 1993a; 19(2): 72-78.

Caicedo G, Vargas H, Gaviria J. Evaluación de *Xylocopa* spp. (Hymenoptera: Anthophoridae) como polinizadores en el cultivo del maracuyá (*Passiflora edulis* var. *flavicarpa* Degener). Rev Colomb Entomol., 1993b, 19 (3): 107-110.

Calle Z, Guariguata M, Giraldo-E C, Chara J.D. La producción de maracuyá (*Passiflora edulis*) en Colombia: perspectivas para la conservación del hábitat a través del servicio de polinización. Interciencia. 2010; 35(3): 207–212.

Camillo E. Nidificação de *Xylocopa frontalis* (Hymenoptera, Apidae, Xylocopini) em ninhos-armadilha. En: Anais do III encontro sobre abelhas, Ribeirão Preto, SP, Brasil; 1998. p. 242.

Carreño J, Wilchez N, Núñez LA. Polinización de *Passiflora foetida* y *Passiflora bicornis* (Passifloraceae) por *Xylocopa fimbriata* y *Xylocopa frontalis* en Casanare-Colombia. Acta Biol Colomb. 2009; 14(2): 187.

Cruz, S. Las abejas carpinteras (Hymenoptera:Anthophoridae) en Colombia. (trabajo de grado). Bogotá: Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia; 1996. 238 p.

European Food Safety Authority (EFSA). Efsa Draft Guidance Document on the risk Assessment of plant protection products on bees (*Apis mellifera*, *Bombus* spp and solitary bees). EFSA Journal. 2012; 10(5): 275.

Fernández F, Nates-Parra G. Hábitos de nidificación en las abejas carpinteras del género *Xylocopa* (Hymenoptera: Anthophoridae). Rev Colomb Entomol. 1985; 11(2): 35-41.

Fernández F. La diversidad de los Hymenoptera en Colombia In: RANGEL JO (ED.). Colombia diversidad biótica I. Universidad Nacional de Colombia – INDERENA Bogotá D.C.; 1995. p.373-442.

Franco Y, Alzate F, Peláez JM. Factores ambientales incidentes en la población de *Xylocopa* y su efecto en el cultivo de granadilla en tres veredas del municipio de Guarne (Colombia). Rev Univer Cat Orient. 2007; 24: 73–86.

Freitas B, Oliveira J. Criação racional de mamangavas: para polinização em áreas agrícolas. Fortaleza: Banco de Nordeste. 2001. 96 p.
Freitas B, Oliveira J. Rational nesting boxes for carpenter bees (*Xylocopa frontalis*) in the pollination of passionfruit (*Passiflora edulis*). Ciência Rural. 2003; 33: 1135–1139.
González VH, Ospina M, Bennett D. Abejas altoandinas de Colombia: Guía de campo. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, D.C. Colombia. 2005. 80 p.
González VH, González MM, Cuéllar Y. Notas biológicas y taxonómicas sobre los abejorros del maracuyá del género *Xylocopa* (Hymenoptera: Apidae, *Xylocopini*) en Colombia. Acta Biol Colomb. 2009; 14(2): 31–40.
Henao-C M. Biología floral y reproductiva de la cholupa *Passiflora maliformis* (Passifloraceae). (Trabajo de grado). Bogotá: Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia. 2014. 42 p.
Henao-C M, Ramírez DC. Impactos causados por pesticidas sobre abejas visitantes y polinizadoras de pasifloras en Colombia (Resumen). En Libro de Resúmenes IV Congreso Colombiano De Zoología y VII Encuentro Colombiano Sobre Abejas Silvestres. 2014; p. 505
Hogendoorn K, Steen Z, Schwarz MP. Native Australian carpenter bees as a potential alternative to introducing bumble bees for tomato pollination in greenhouses. J Apicul Res. 2000; 39(1-2): 67–74.
Hurd PD. Bamboo-nesting carpenter bees (genus *Xylocopa* Latreille) of the subgenus *Stenoxylocopa* Hurd and Moure (Hymenoptera: Anthophoridae). J Kansas Entomol Soc. 1978; 51(4): 746-764.
Keasar, T. Large carpenter bees as agricultural pollinators. Psyche, 2010, Article ID 927463, 7 pages, 2010. Disponible en: http://dx.doi.org/10.1155/2010/927463 [consultado el 5 marzo de 2014].
Lucía M. Estudio biosistemático de las abejas de la tribu Xylocopini (Hymenoptera: Apidae) de interés agronómico en Argentina. (Tesis doctoral) Facultad de Ciencias Naturales y Museo Universidad Nacional de La Plata. Museo de La Plata. 2011. 255 p.
McGuire CM. *Passiflora incarnata* (Passifloraceae): a new fruit crop. Econ Bot. 1999; 53(2): 161–176.
Medina-Gutiérrez J, Ospina-Torres R, Nates-Parra G. Efectos de la variación altitudinal sobre la polinización en cultivos de gulupa (*Passiflora edulis* f. *edulis*). Acta Biol Colomb. 2012; 17(2): 379–394.
Melo CD, Ramírez-Rivera R, Nates-Parra G, Ospina-Torres R. Biología floral de granadilla *Passiflora ligularis* Juss. (Magnoliopsida: Passifloraceae) y efectividad de los visitantes florales en una localidad del bosque alto andino colombiano. V Encuentro colombiano sobre abejas silvestres y III Congreso colombiano de zoología, Medellín, Colombia; 2010. p. 270.
Melo CD. Diagnóstico para la cría y conservación de abejas polinizadoras de granadilla (*Passiflora ligularis* Juss) en Buenavista, Boyacá, Colombia. (Trabajo de grado), Bogotá: Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia. 2007. 53 p.
Michener CD. The social behaviour of bees. A comparative study. Massachusetts: Harvard University Press. 1974. 404 p.
Michener, CD. The bees of the world. 2ª Ed. Johns Hopkins University Press; Baltimore, MD. 2007. 953 p.
Moure JS. Xylocopini Latreille, 1802. In: Moure, J. S., Urban, D. & Melo, G. A. R. (Orgs). Catalogue of bees (Hymenoptera, Apoidea) in the Neotropical Region. 2013. Disponible en URL: http://www.moure.cria.org.br/catalogue. [Revisado 12 enero 2014].
Nates-Parra G, Parra A, Rodríguez-C A, Baquero P, Vélez ED. Abejas silvestres (Hymenoptera: Apoidea) en ecosistemas urbanos: Estudio en la ciudad de Bogotá y sus alrededores. Rev Colomb Entomol. 2006; 32(1): 77-84.

Núñez LA. Evaluación de la eficiencia de polinizadores del maracuyá amarillo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Degener) en un cultivo comercial en Casanare Colombia. II Congreso latinoamericano de pasiflora. Neiva-Huila-Colombia. – Colombia. 2013a. p 98.

Núñez LA. Evaluación de la biología reproductiva de tres especies de pasifloras silvestres en la Orinoquía Colombiana. II Congreso latinoamericano de pasiflora. Neiva-Huila-Colombia. – Colombia. 2013b. p 99.

Núñez LA, Carreño J. Abejas nativas polinizan por vibración el achiote de monte *Bixa urucurana* Wild (Magnoliopsida: Bixaceae) en la orinoquia de Colombia. Resúmenes V Encuentro colombiano sobre abejas silvestres y III Congreso colombiano de zoología, Medellín, 2010. p. 265.

Núñez LA, Wilchez N, Carreño J. Recursos florales, forrajeo y papel en la polinización de la abeja carpintera *Xylocopa fimbriata* (Anthophoridae) en un relicto de bosque de piedemonte Casanare-Colombia. Acta Biol Colomb. 2009; 14(2): 188.

Obregón D, Lozano A. Insectos asociados a cultivos de pasifloras; maracuyá, cholupa y badea, en el departamento de Casanare (Resumen), Libro de Resúmenes II Congreso latinoamericano de pasiflora. Neiva-Huila-Colombia. 2013. p 100.

Ospina M. Abejas carpinteras (Hymenoptera: Apidae: Xylocopinae: Xylocopini) de la región neotropical. Biota Colombiana. 2000; 1(3): 239-252.

Peláez JM. Trampas florales para el control de *Apis mellifera* en cultivos de maracuyá *Passiflora edulis* var. *flavicarpa* Degener. II Encuentro colombiano sobre abejas silvestres. Bogotá, Colombia; 2004a;. p.101-114.

Peláez JM. Recursos florales usados por *Xylocopa frontalis* en el valle del Risaralda, Colombia. II Encuentro Colombiano sobre abejas silvestres. Bogotá, Colombia; 2004b; p. 90-100.

Pereira M, Garófalo CA. Biologia da nidificação de *Xylocopa frontalis* e *Xylocopa grisescens* (Hymenoptera, Apidae, Xylocopini) em ninhos-armadilha. Oecologia Australis. 2010; 14(1): 193-209.

Pinilla-Gallego MS, Nates-Parra G. Diversidad de visitantes y aproximación al uso de nidos trampa para Xylocopa (Hymenoptera: Apidae) en una zona productora de pasifloras en Colombia. 2015. Actual Biol 37 (103): 143-153.

Rendón JS, Ocampo J, Urrea R. Estudio sobre polinización y biología floral en *Passiflora edulis* f. *edulis* Sims, como base para el premejoramiento genético. Acta Agron. 2013a.; 62(3): 232-241.

Rendón JS, Ocampo J, Urrea R. Evaluación de la polinización natural y manual en el cultivo de la gulupa (*Passiflora edulis* f. *edulis* Sims). II Congreso Latinoamericano de Pasiflora. Neiva-Huila-Colombia. 2013b. p. 95.

Rodríguez-C A. Requerimientos y valor económico del servicio de polinización prestado por abejas en dos frutales promisorios colombianos, (Champa *Campomanesia lineatifolia* Ruiz & Pav. y Cholupa *Passiflora maliformis* L.) (tesis de maestría). Bogotá: Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia; 2014; 121 p.

Roubik DW. Pollination of cultivated plants in the tropics. United Nations Food and Agriculture Organization, Roma, Italia, 1995. p.196

Sadeh A, SHMIDA A, KEASAR T. The carpenter bee *Xylocopa pubescens* as an agricultural pollinator in greenhouses. Apidologie. 2007; 38(6): 508–517. Doi: 10.1051/apido:2007036

Smith-Pardo AH. A preliminary account of the bees of Colombia (Hymenoptera: Apoidea): Present knowledge and future directions. J Kansas Entomol Soc. 2003; 76(2): 335-341.

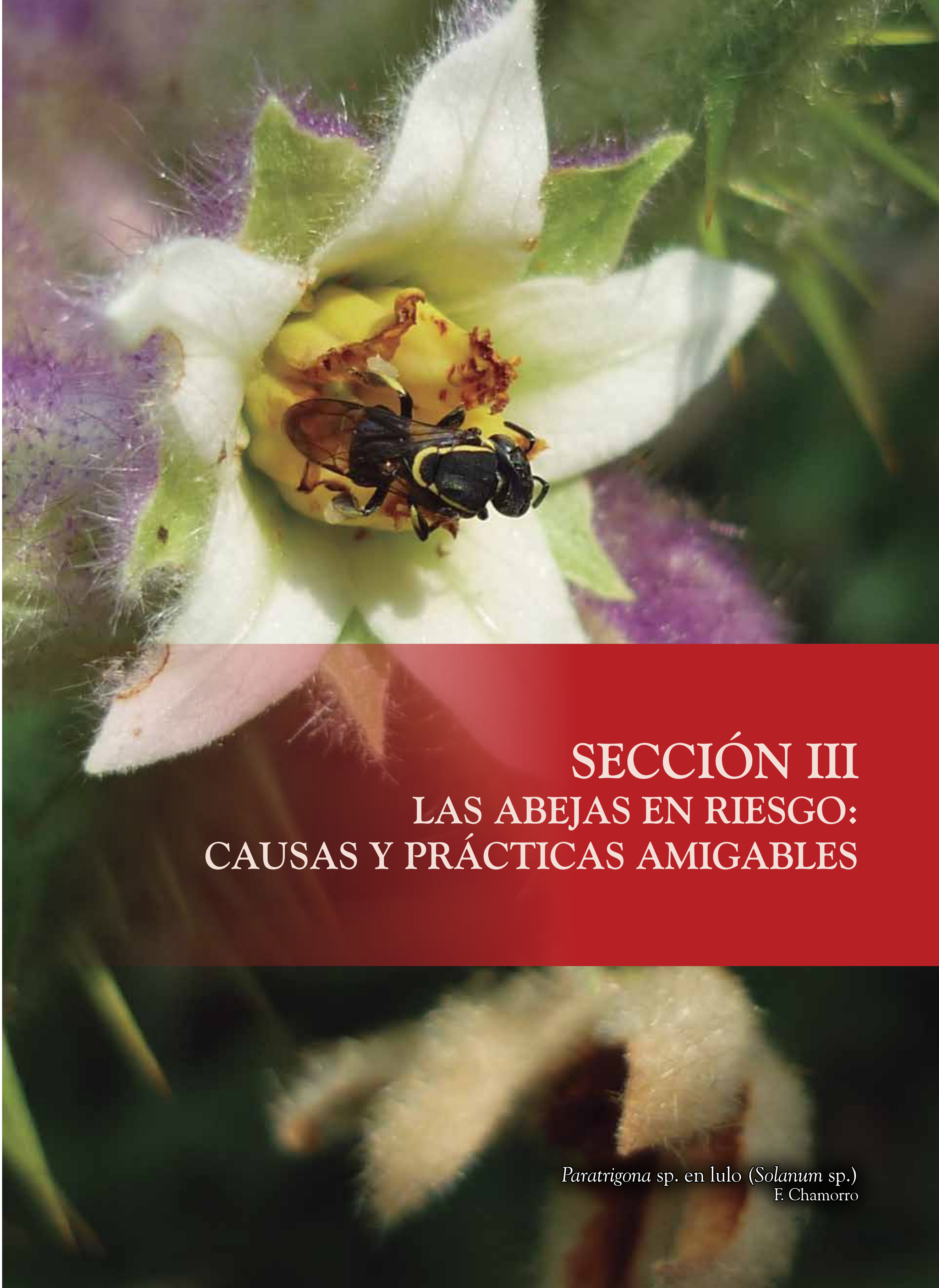
Vélez R. Una aproximación a la sistemática de las abejas silvestres de Colombia (Tesis de maestría) Medellín: Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. 2009. p. 348.

Volynchik S, Plotkin M, Ermakov N, Bergman DJ, Ishay JS. Presence of a thermoregulatory hot spot in the prothorax of the large carpenter bee and the bumble bee. Microsc Res Tech. 2006; 69 (11): 903–912.

Waller GD, Vissiere BE, Moffett JO, Martin JH. Comparison of carpenter bees (*Xylocopa varipuncta* Patton) (Hymenoptera: Anthophoridae) and honey bees (*Apis mellifera* L.) (Hymenoptera: Apidae) as pollinators of male-sterile cotton in cages. J Econ Entomol. 1985; 78: 558–561.

Watmouth RH. Biology and behavior of carpenter bees in southern Africa. J Entomol Soc South Africa. 1974; 37: 261–281.

Wyckhuys, K. Acercamientos multidisciplinarios para promover el manejo integrado de plagas en gulupa (*Passiflora edulis* Sims), granadilla (*Passiflora ligularis* Juss) y maracuyá (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*) en Colombia. Memorias I congreso latinoamericano de Pasifloras. Huila, Colombia; 2010. 167 p.



SECCIÓN III
LAS ABEJAS EN RIESGO: CAUSAS Y PRÁCTICAS AMIGABLES

Paratrigona sp. en lulo (*Solanum* sp.)
F. Chamorro

CAPÍTULO 12

LA DESAPARICIÓN DE LAS ABEJAS

Rodulfo Ospina Torres, Guiomar Nates-Parra
Laboratorio de Investigaciones en Abejas-LABUN, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá.
rospinat@unal.edu.co, mgnatesp@unal.edu.co

La disminución y en el peor de los casos la desaparición de las poblaciones de abejas implica la disminución o desaparición de los servicios ecosistémicos asociados a ellas, especialmente el de la polinización de plantas silvestres y cultivadas. Estos hechos, tanto la disminución de las abejas como la de los servicios de polinización han sido ampliamente reconocidos desde hace mucho tiempo, de manera que en un aparte de "El origen de las especies" en 1859 Darwin llama la atención sobre la desaparición de las abejas de género *Bombus* en Inglaterra.

Hoy en día la importancia de la polinización como un proceso fundamental en el funcionamiento de los ecosistemas terrestres tanto naturales como cultivados, ha sido reconocida por los círculos académicos y aún de manera oficial por los gobiernos signatarios de la Convención por la Diversidad Biológica o Convención de Río (diciembre de 1993) y que a través de decisiones de las quinta y sexta reunión de su órgano de gobierno, la Conferencia de las Partes (Cop por sus siglas en inglés) estableció la "Iniciativa Internacional para la Conservación y el Uso Sostenible de los Polinizadores" (Ipi por sus siglas en inglés) y se adoptó un plan de acción.

En la parte motivatoria de estas y otras decisiones oficiales, así como en la literatura especializada y en gran parte de la opinión pública la desaparición de las abejas y de sus servicios se adopta como un hecho demostrado por una amplia evidencia. Esto último, especialmente lo relacionado con la opinión pública, ha sido estimulado por la amplia difusión que ha recibido el "Síndrome de Desaparición de las Colonias" (Colony Collapse Disorder, CCD) que desde hace algunos años ha afectado ampliamente la apicultura en las zonas templadas.

Sin embargo, la situación respecto a la desaparición de las abejas en general y de las abejas domésticas del género *Apis* en particular, así como sus consecuencias para la economía o para la seguridad alimentaria de la población mundial, dista mucho de ser clara para todos y la literatura nos indica que, como siempre, la última verdad no ha sido dicha.

En varias regiones del mundo se ha documentado ampliamente la desaparición de *Apis mellifera*, causada por el CCD: Neumann y Carreck (2010) recopilaron el estado de pérdidas de colonias en varios países (Estados Unidos 30%, Europa 1,8%-53%, Oriente

Medio 10-85% y Japón 25% pérdidas repentinas), atribuidas principalmente a la acción de *Varroa destructor*. En las últimas décadas la industria apícola de los Estados Unidos (Committee on the Status of Pollinators in North America *et al*., 2007; van Engelsdorp *et al*., 2010) y de algunos países europeos (Potts *et al*., 2010) se ha visto seriamente afectada. Pero a pesar de esas pérdidas, el número de colonias en todo el mundo se ha incrementado aproximadamente en un 45% desde 1961, lo cual no tiene sincronía con el crecimiento de los cultivos dependientes de polinizadores porque es mucho mayor (300%) y crea una desproporción en el servicio de polinización (Aizen y Harder, 2009).

Para las especies de abejas silvestres la situación no es tan clara: se sabe que en el género *Bombus*, tanto en Europa, como en los EEUU varias especies han desaparecido o disminuido sus poblaciones. Cameron *et al.* (2011) reportaron la disminución en la abundancia relativa y la reducción del rango geográfico de cuatro especies de *Bombus* en Norte América; además encontraron altos niveles de *Nosema bombi*, un microsporidia parásito, y baja diversidad genética en las especies estudiadas. Desde 1982 se registró la disminución de especies de *Bombus* en varias regiones del Reino Unido y en Europa (Williams, 1982). En general hay varias publicaciones que evidencian la disminución de especies de *Bombus* debido a la pérdida de hábitat y la disminución de la abundancia y diversidad floral por intensificación de la agricultura (Goulson *et al*., 2008).

Para las abejas solitarias, las cuales complementan la acción polinizadora de *A. mellifera*, la información es menos clara: en varios países europeos detectaron disminución significativa en la riqueza de especies de abejas silvestres, cuando compararon datos dentro de una escala de tiempo (Biesmeijer *et al*., 2006; Rasmont *et al*., 2005); pero aunque las abejas aparecen en la lista de organismos importantes en conservación, ninguna de ellas está en las Listas Rojas de la Iucn, por falta de la documentación correspondiente que acredite su grado de conservación (Winfree, 2010).

Cuando se trata de recopilar evidencia objetiva que demuestre la desaparición o disminución de las abejas y sus servicios, también en Colombia, las dificultades empiezan precisamente en la muy diversa índole de las fuentes de información. Mientras que las informaciones más antiguas son de carácter anecdótico (“por aquí antes abundaban esas abejitas”) o sin datos cuantitativos de las abundancias que permitan establecer comparaciones con la situación actual (como en los trabajos de Osorno y Osorno (1938) sobre los abejorros de la Sabana de Bogotá) la información especializada más reciente ha sido obtenida bajo muy diferentes enfoques.

Los trabajos utilizados para documentar la desaparición de las abejas pueden estar enfocados hacia la desaparición de especies individuales, hacia un grupo de especies focales o importantes p. ej. las abejas del género *Bombus* (Goulson *et al*., 2008) o del género *Peponapis* conocidas como las abejas de las cucurbitáceas (Proyecto Squash Pollinators Americas Survey - Usda), o también sobre el conjunto de una comunidad.

Así mismo, las escalas y la amplitud de los estudios son variables. La mayoría de las evidencias acerca de la desaparición de abejas son a nivel local y a lo sumo regional pero los trabajos y los programas de monitoreo o evaluación de los polinizadores a nivel nacional, continental o aún global son escasos (p. ej. Proyectos Alarm - Assessing large-scale risks to biodiversity with tested methods- y Step -Status and trends of European pollinators- Potts *et al*., 2011), en parte como consecuencia de esto las evidencias acerca de la disminución de polinizadores a nivel global así como de sus consecuencias son objeto de controversia.

Parte de la controversia deriva del hecho que se tiende a confundir la muy bien documentada disminución de los polinizadores y los factores que la fomentan (Kearns *et al*., 1998), con la más incierta importancia o magnitud de las consecuencias de una real o potencial disminución de los polinizadores, lo que popularmente se ha llamado "crisis global de polinizadores" (Klein *et al*., 2007). En opinión de algunos investigadores (Ghazoul, 2005), esta posible crisis puede, en verdad, ser una simple exageración bien intencionada, pero lo que en el fondo subyace es una notable falta de evidencia directa, lo cual se debe más a la falta de datos apropiados que a la ausencia de un impacto de las prácticas agrícolas sobre los ecosistemas y a su vez de estos sobre algunos cultivos en forma de un aprovisionamiento o de un déficit de polinizadores.

En resumen, tenemos múltiples indicios y evidencias de la desaparición de las abejas, pero en general no conocemos de manera precisa, la extensión, ni la magnitud de esta desaparición o disminución. Las consecuencias sobre los cultivos y sobre la seguridad alimentaria de los países y de la población mundial no han sido suficientemente documentadas aunque prevalecen los puntos de vista que resaltan el papel de la polinización animal (Steffan-Dewenter *et al*., 2005) y nos ponen de manifiesto que en caso de una pérdida total de polinizadores los países más afectados serán los más pobres, que dependen en buena parte de plantas que requieren de la polinización como los frutales y que en el caso de los países desarrollados el impacto será más sobre la calidad y variedad que sobre la cantidad de alimentos, ya que los principales cultivos a nivel global como las gramíneas tienen una polinización anemófila o mediada por el viento.

Los datos empíricos apropiados para documentar la desaparición y sus consecuentes efectos sobre el servicio de polinización se deberían basar en la estimación o medición objetivas de las variaciones espaciales y temporales de las poblaciones de abejas. Los numerosos trabajos realizados bajo este enfoque de evidencia directa incluyen tanto los monitoreos directos como las recopilaciones de información secundaria y se estructuran normalmente bajo el esquema lógico de qué había antes y qué queda después. Se refieren generalmente a poblaciones de especies individuales (p. ej. *Apis mellifera* y *Bombus* spp.) y representan la mayoría de la evidencia disponible.

Por otro lado encontramos en la literatura trabajos que se basan en la identificación y cuantificación de los factores promotores de la pérdida de polinizadores (Freitas *et al.*, 2009; Potts *et al.*, 2010; Winfree, 2010). El análisis de los parámetros que describen estos

factores, como la intensidad del uso agrícola, cambios en los patrones de uso del paisaje o el fraccionamiento de los ecosistemas naturales brindan una evidencia indirecta acerca de la perdida de polinizadores. Estos trabajos que vinculan la problemática de la polinización con aspectos de la política social como la frontera agrícola y las buenas prácticas de manejo agronómico entre otros, son también muy apropiados para influir sobre las decisiones y planes de las autoridades ambientales.

Los estudios de evidencia directa sobre las fluctuaciones de poblaciones de polinizadores, su posible declive o déficit actual se enfrentan a varias dificultades inherentes a la naturaleza de las abejas y de los otros polinizadores. En primer lugar, las poblaciones de abejas exhiben una variación sustancial en el espacio y en el tiempo aún en ecosistemas inalterados. Un ejemplo de este fenómeno lo aportan las poblaciones de abejas de las orquídeas en bosques de Panamá monitoreadas durante 20 años (Roubik, 2001). Posibles disminuciones de las poblaciones de abejas reflejadas por monitoreos a corto plazo o con pocos muestreos en el tiempo podrían ser simplemente variaciones "naturales" derivadas por ejemplo de cambios climáticos.

Otra dificultad radica en el hecho que las comunidades de abejas a nivel local y las faunas apoideas a nivel regional son muy diversas y presentan un alto índice de especies raras, por lo tanto, son susceptibles de ser subestimadas o de sufrir cambios en el ensamblaje de especies además de ser objeto de fenómenos de reemplazo y recolonización de especies aparentemente desaparecidas.

En vista de la gran diversidad y variabilidad de las poblaciones de abejas, lo cual dificulta los programas de monitoreo que puedan documentar la desaparición de polinizadores, se encuentran en la literatura especializada (Fao, 2008; Silveira y Godinez, 1996), valiosas recomendaciones para realizar este tipo de estudios como por ejemplo: usar siempre protocolos no sesgados y estandarizados con un diseño experimental apropiado y referido a un área determinada, lo cual aumenta el valor de los datos y permite su uso comparativo. En ese sentido las metodologías propuestas por Vaissière *et al.*, (2011) para evaluar el déficit de polinizadores en cultivos representan un gran paso para superar este obstáculo y desde hace algún tiempo se están aplicando en Colombia para la evaluación del déficit de polinizadores de varios cultivos. Otra recomendación se refiere al uso y apoyo de las bases de datos internacionales de biodiversidad por cuanto permiten complementar los monitoreos actuales o futuros con datos geográficos e históricos confiables y así mismo es una manera de realizar análisis faunísticos a escalas geográficas que de otra manera serían muy costosas. La optimización de recursos aun a costa de reducir el espectro de las especies o de los sistemas de polinización estudiados es otra recomendación que es válida en nuestro país superdiverso donde los estudios de polinización pueden brindar resultados concretos de un nivel secundario de la biodiversidad como lo son las relaciones planta animal. Muestreos frecuentes y a largo plazo teniendo en cuenta los regímenes climáticos y las horas del día son deseables así como el uso de diferentes tipos de muestreo como jameo, trampas de plato y nidos trampa.

Otra dificultad está relacionada con la taxonomía. No se conocen todas las especies, por tanto no es fácil decir qué se está perdiendo o disminuyendo, siendo imperativo dirigir los esfuerzos en la preparación de personal especializado en taxonomía de abejas y en el apoyo decidido a las colecciones entomológicas.

En Colombia se han realizado inventarios de abejas a nivel regional desde hace varios años, especialmente en Cundinamarca, Antioquia y Meta, además de numerosas contribuciones al inventario de abejas del país realizadas por diversos investigadores, casi todos formados o motivados por el Laboratorio de Abejas de la Universidad Nacional de Colombia (LABUN). Los inventarios y muestreos en Cundinamarca que dieron origen al LABUN en la década de los 80 y los trabajos posteriores de este grupo y otros en diferentes regiones no han sido planteados inicialmente como monitoreos o seguimientos a largo o mediano plazo referidos a una área concreta sino que fueron concebidos con carácter exploratorio, lo que dificulta presentar evidencias concluyentes acerca de la disminución de las poblaciones o de la riqueza de abejas en alguna región de Colombia.

Existen observaciones que hacen referencia a la disminución de abejas silvestres en algunas localidades: hace unos 20 años en Arbeláez, al suroriente, y en Paime, al noroccidente del departamento de Cundinamarca, en la cordillera Oriental fácilmente se encontraban nidos de al menos cinco especies de *Melipona*: *M. eburnea*, *M. fuliginosa*, *M. compressipes*, *M. grandis* y *M. melanopleura*. Ahora, difícilmente se encuentran nidos de alguna de estas especies (Nates-Parra, 2005).

En el Libro rojo de los invertebrados terrestres de Colombia (Amat *et al*., 2007) se registran 10 especies de abejas dentro de alguna de las categorías de riesgo o amenaza de la UICN: dos especies de *Melipona* (*M. eburnea* y *M. favosa*) y ocho de Euglossini.

Por otro lado, revisando colecciones se descubre que para algunas especies existe sólo el ejemplar en el museo porque nunca más se volvió a recolectar en el país (*Melipona puncticollis*, *M. merrillae*, *M. camptoni* *M. paraensis*, *Euglossa saphirrina*, *Eufriesea lucida*, *E. ornata*, *Eulaema leucopyga*) (Bonilla y Nates, 1992; Nates-Parra, 1995); sin embargo, esto no necesariamente indica que sean especies que están desapareciendo: quizás es porque no son abundantes y difíciles de capturar.

Osorno y Osorno (1938) relataban que para los años 30 era posible encontrar por lo menos cinco especies de *Bombus* en lo que en aquella época eran los montes de lado este de Bogotá (*B. robustus*, *B. rubicundus*, *B. funebris*, *B. atratus* y *B. excelens*). Hace 20 años aún era posible encontrar nidos de estos abejorros en los jardines de las casas bogotanas y aún en el campus universitario. Actualmente no es fácil encontrar nidos o abejorros de especies diferentes a *B. atratus*. Especies como *B. rubicundus* y *B. funebris*, que según Osorno y Osorno eran las más prolíficas y fáciles de estudiar están siendo recluidas cada vez más a las partes altas de la cordillera. *B. melaleucus* y *B. excelens* son especies que siempre han sido poco frecuentes.

Nates-Parra y Parra (2006) revisando datos de distribución de abejas silvestres en Cundinamarca, desde 1977, encontraron que *Trigona amalthea* desapareció a partir de 1988; esta especie se caracteriza por ser agresiva, fuerte, con nidos grandes y expuestos, pero depende de árboles de gran porte para su nidificación: así, es posible que por desaparición del sustrato adecuado, la especie haya desaparecido o disminuido localmente. Lo mismo puede estar ocurriendo con *Trigona fulviventris* y las otras especies de meliponinos que nidifican en el suelo y que no se adaptan fácilmente a cajas "racionales" o artificiales donde los nidos de estas abejas se pueden preservar y mantener aun en áreas deforestadas.

La repetición de algunas salidas a ciertas localidades en el marco de actividades docentes, permiten establecer algunas tendencias especialmente comparando el periodo de 1976–1983 cuando se muestrearon sistemáticamente meliponinos y sus nidos en 39 localidades del departamento de Cundinamarca con otros muestreos realizados años después. En la localidad de Arbeláez, relativamente cercana de Bogotá, se realizaron muestreos en los años 1976, 1980 y 2000 con una disminución tanto en el número de especies como en el número de nidos encontrados a lo largo de los años. De otra parte, en la localidad de Medina, en la otra vertiente de la cordillera oriental, no registramos una disminución de la riqueza de abejas entre 1977 y 1980. Considerando los registros de 12 años de salidas de campo del LABUN entre 1976 y 2001 la tendencia es franca hacia la disminución del número de especies registradas, lo cual si bien no demuestra una disminución de las poblaciones particulares si refuerza la impresión de una disminución generalizada de las abejas en la región andina, hogar de la mayor parte de la población colombiana. Esta impresión de disminución algunas veces documentada débilmente y la mayoría de las veces reforzada por observaciones informales y experiencias a lo largo de 30 años, debe ser objeto de un estudio urgente regresando a las localidades originales y realizar inventarios con esfuerzos de muestreo similares.

La urgencia del cumplimiento de los mandatos y recomendaciones de la ONU a través de la Iniciativa Internacional de Polinizadores en el sentido de realizar programas oficiales de conservación y uso sostenible de los polinizadores es notable en Colombia. Se necesitan recursos para formular y ejecutar programas de monitoreo a largo plazo en abejas referidos a un área o región determinada tanto para ecosistemas naturales como muy especialmente para los agroecosistemas de plantas que dependen de polinizadores como muchos frutales de nuestra canasta familiar.

En un escenario de falta o dificultad de gestión de recursos para estudios de polinización y de monitoreo de las poblaciones de abejas la alternativa de utilizar la evidencia indirecta para mostrar la decadencia no solo de los polinizadores sino de los ecosistemas de los cuales ellos hacen parte se presenta como muy evidente.

Los factores promotores de la declinación de polinizadores en Colombia crecen cada día. Generalizados y representados parcialmente por la incesante expansión de la frontera agrícola y ganadera, el uso de insecticidas sin atender el daño producido a los insectos

polinizadores y la ausencia de políticas agrarias dirigidas a la educación del campesino en este aspecto o por lo menos a la protección y fomento de los polinizadores de cultivos de importancia comercial ofrecen un panorama difícil.

La recopilación de esfuerzos y la divulgación del problema de los polinizadores realizada a través de este volumen y de la Iniciativa Colombiana de Polinizadores han de ser un primer gran paso para la inserción de esta problemática en la agenda oficial y en la mentalidad de los productores agrícolas, primeros beneficiados del servicio prestado por estos trabajadores sin jornal.

Riesgos e impactos sobre las poblaciones de polinizadores

El Ideam, en su informe anual sobre el estado del ambiente y los recursos naturales renovables en Colombia (Ideam, 2004), menciona varias causas relacionadas con los cambios en las coberturas boscosas en Colombia, entre ellas:

- La agricultura itinerante de selvas húmedas.
- La ganadería.
- La agricultura tradicional y tecnificada.
- La minería.
- La explotación maderera no sostenible.
- Las industrias.
- La infraestructura de transporte.
- La infraestructura de servicios.
- La construcción urbana.

Todas esas prácticas además del uso de pesticidas, la introducción de especies exóticas y las prácticas violentas de explotación de algunas especies de abejas son factores que están incidiendo en convertirlas en especies en riesgo. A esto se suma el alto grado de desconocimiento que, sobre las especies de abejas silvestres, existe en el país, lo cual ocasiona que con la alteración de paisajes naturales se destruyan los sitios de nidificación y de consecución de recursos alimenticios, sin que nadie aparentemente se entere. Puesto que las abejas son elementos indispensables en la conservación de los ecosistemas y en la reproducción de especies vegetales básicas para producción de alimentos, es imperante desarrollar campañas orientadas a la sensibilización de la comunidad sobre su importancia y cómo protegerlas.

La deforestación en Colombia es un problema que ha venido aumentando en los últimos años. Según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (Fao), Colombia es uno de los 10 países en desarrollo con mayores tasas de deforestación anual. Entre 2005 y 2010 se perdieron 238.273 ha por año en Colombia, tasa que disminuyó para los años 2011-2012 cuando se contabilizaron 147.946 ha perdidas por año. De acuerdo con estos registros, Colombia perdió en total, sumando los años 2011 y 2012, 295.892 ha de bosque natural, que equivaldría a 1,6 veces el área total del departamento del Quindío (Mads, 2013).

Sin embargo, esta tasa nacional no refleja las variaciones anuales regionales, donde los ecosistemas de la región andina han sufrido una reducción que varía desde el -0,02% hasta el -8,45% de su cobertura forestal mientras que los de la región amazónica han tenido una reducción de -0,01% a -3,74% (Ideam, 2004). Las causas de la deforestación son diversas y varían de acuerdo con cada región. Se puede mencionar, por ejemplo, que la región Andina sufre principalmente por la reducción de remanentes de bosques primarios y deforestación de bosques secundarios, asociados principalmente con la expansión de la frontera agrícola, la construcción de nueva infraestructura y los incendios forestales. Mientras que la Amazonia y el Pacífico están siendo deforestados y degradados para el abastecimiento de maderas del mercado nacional. En algunos casos, cuando la deforestación ha sido de un gran porcentaje del área, se coloniza la tierra a través de plantaciones y el bosque es incapaz de regenerarse.

Se sabe que a mayor distancia de un parche de bosque, disminuyen tanto la riqueza de especies de insectos polinizadores como las tasas de visita a flores de cultivos adyacentes (Ricketts *et al*., 2008), perjudicando así la producción de semillas y frutos, repercutiendo tanto a nivel económico como ambiental. Por ejemplo, en el caso de abejas silvestres, la fragmentación de los bosques reduce la presencia de los nichos esenciales para la reproducción, fuentes de alimento, agua y aún, número de individuos (Nates-Parra y González, 2000). Además, según Roubik (1989) *A mellifera* se dispersa con gran facilidad en áreas fragmentadas, mientras que los polinizadores nativos no pueden competir exitosamente en esas mismas áreas, pudiendo ocasionar el desplazamiento o en el peor de los casos la extinción de las especies nativas.

Para que las abejas y demás polinizadores no corran más peligro, es urgente que el Mavdt concrete su Estrategia Nacional de Pago por Servicios Ambientales en revisión e igualmente termine de reglamentar el pago por servicios provistos por los ecosistemas par que de esta forma cumpla con la responsabilidad asignada en el Plan Nacional de Desarrollo mediante la Ley 1151 de 2007.

REFERENCIAS

Aizen MA, Harder LD. The global stock of domesticated honey bees is growing slower than agricultural demand for pollination. Curr Biol. 2009;19(11):1-4. DOI: 10.1016/j.cub.2009.03.071.

Amat G, Andrade G, Amat E. Libro rojo de los invertebrados terrestres de Colombia. Bogotá: Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Conservación Internacional-Colombia, Instituto Alexander von Humboldt, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial; 2007. 215 p.

Biesmeijer JC, Roberts SPM, Reemer M, Ohlemüller R, Edwards M, Peeters T, *et al*. Parallel declines in pollinators and insect-pollinated plants in Britain and the Netherlands. Science. 2006;313(5785): 351-354.

Bonilla-Gómez A, Nates-Parra G. Abejas Euglosinas de Colombia (Hymenoptera: Apidae: Euglossinae) I. Claves ilustradas. Caldasia. 1992;17:149-172.

Cameron SA, Lozier JD, Strangew JP, Koch JB, Cordes N, Solter LF, *et al.* Patterns of widespread decline in North American bumble bees. Proc Natl Acad Sci USA. 2011;108(2):662-667. DOI: 10.1073/pnas.1014743108

Committee on the Status of Pollinators in North America, Board on Life Sciences, Board on Agriculture and Natural Resources, Division on Earth and Life Studies, National Research Council. Status of pollinators in North America. Washington, D.C: National Academic Press; 2007. 322 p.

Fao. Rapid assessment of pollinators status: A contribution to the international initiative
for the conservation and sustainable use of pollinators. Roma: Food and Agriculture Organization of the United Nations (Fao); 2008. 64 p.

Freitas BM, Imperatriz-Fonseca VL, Medina LM, Kleinert AMP, Galeto L, Nates-Parra G, *et al*. Diversity, threats and conservation of native bees in the Neotropics. Apidologie. 2009;40:332-346. DOI: 10.1051/apido/2009012

Ghazoul J. Buzziness as usual? Questioning the global pollination crisis. Trends Ecol Evol. 2005;20(7):367-373. DOI: 10.1016/j.tree.2005.04.026

Goulson D, Lye GC, Darvill B. Decline and conservation of bumble bees. Annu Rev Entomol. 2008;53:191-208.

Van Engelsdorp D, Hayes J, Underwood RM, Pettis J. A survey of honey bee colony losses in the United States, Fall 2008 to Spring 2009. J Apiculture Res. 2010;49(1):7-14. DOI: 10.3896/IBRA.1.49.1.03

Ideam. Informe anual sobre el estado del medio ambiente y los recursos naturales renovables en Colombia. Bogotá: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales; 2004.

Kearns CA, Inouye DW, Waser NM. Endangered mutualisms: the conservation of plant-pollinator interactions. Annu Rev Ecol Syst. 1998;29:83-112. DOI: 10.1146/annurev.ecolsys.29.1.83

Klein A-M, Vaissiere BE, Cane JH, Steffan-Dewenter I, Cunningham SA, Kremen C, *et al*. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. Proc Biol Sci. 2007;274:303-313. DOI: 10.1098/rspb.2006.3721

Mads. Tasa de deforestación. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible; 2013. Consultada: marzo 3 de 2014. Disponible en: http://www.minambiente.gov.co/contenido/contenido.aspx?catID=1367&conID=8914

Nates-Parra G. Las abejas sin aguijón del género *Melipona* (Hymenoptera: Meliponinae) en Colombia. Bol Mus Entomol Univer Valle. 1995;3(2):21-33.

Nates-Parra G. Abejas corbiculadas de Colombia (Hymenoptera:Apidae). Bogotá: Unibiblos Ed. Universidad Nacional de Colombia; 2005. 156 p.

Nates-Parra G, González-B VH. Las abejas silvestres de Colombia: por qué y cómo conservarlas. Acta Biol Colomb. 2000;5(1):5-37.

Nates-Parra G, Parra A. Uso de abejas silvestres en la definición de áreas prioritarias de conservación en el territorio CAR. Tacayá. 2006;14:4-7.

Neumann P, Carreck N. Honey bee colony losses. J Apicul Res. 2010;49:1-6.

Osorno E, Osorno H. Notas biológicas sobre algunas especies de *Bombus* de los alrededores de Bogotá, Colombia, Sur América. Rev Entomol. 1938; 9(1/2):32-39.

Potts SG, Biesmeijer JC, Bommarco R, Felicioli A, Fischer M, Jokinen P, *et al.* Developing European conservation and mitigation tools for pollination services: approaches of the STEP (Status and Trends of European Pollinators) project. J Apicul Res. 2011;50:152-164. DOI: 10.3896/IBRA.1.50.2.07

Potts SG, Roberts SPM, Dean R, Marris G, Brown M, Jones R, *et al*. Declines of managed honeybees and beekeepers in Europe. J Apic Res. 2010;49:15-22.

Rasmont, P. Pauly A, Terzo M, Patiny S, Michez D, Iserbyt S, *et al*. The survey of wild bees (Hymenoptera, Apoidea) in Belgium and France. Roma: Fao; 2005. 18 p.

Ricketts TH, Regetz J, Steffan-dewenter I, Cunningham SA, Kremen C, Bogdanski A, *et al*. Landscape effects on crop pollination services: Are there general patterns?. Ecol Lett. 2008;11:499-515. DOI: 10.1111/j.1461-0248.2008.01157.x

Roubik DW. Ecology and natural history of tropical bees. New York: Cambridge Univ. Press; 1989. 514 p.

Roubik DW. Ups and downs in pollinator populations: when is there a decline? Conservation Ecol. 2001; 5(1):2. http:// http://www.ecologyandsociety.org/vol5/iss1/art2/

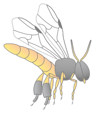
Silveira FA, GOdínez LM. Systematics surveys of local bee faunas. Melissa. 1996;9:1-4.

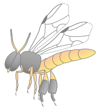
Steffan-Dewenter I, Potts SG, Packer L. Pollinator diversity and crop pollination services are at risk. Trends Ecol Evol. 2005;20(12):651-652. DOI: 10.1016/j.tree.2005.09.004

Vaissière BE, Freitas BM, Gemmill-Herren B. Protocol to detect and assess pollination deficits in crops: A handbook for its use. Roma: Fao; 2011 70 p.

Williams PH. The distribution and decline of British bumble bees (*Bombus* Latr). J Apic Res. 1982;21:236-245.

Winfree R. The conservation and restoration of wild bees. Ann NY Acad Sci. 2010; 1195: 169-197. DOI: 10.1111/j.1749-6632.2010.05449.x





CAPÍTULO 13

USO DE NIDOS TRAMPA

Guiomar Nates-Parra
Laboratorio de Investigaciones en Abejas-LABUN, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá.
mgnatesp@unal.edu.co

Las abejas solitarias no siempre nidifican en lugares visibles o de fácil acceso y además buena parte del tiempo permanecen invisibles a nuestros ojos. En los años 60 Karl Krombein publicó un extenso trabajo sobre cómo capturar abejas y avispas en nidos trampa (Krombein, 1967). A partir de ese momento, este método se aplicó en diversos estudios alrededor del mundo. Hoy en día, la técnica está ampliamente difundida con lo que se ha logrado conocer la identidad, los hábitos de nidificación y el ciclo de vida para muchas especies de abejas solitarias del Brasil (Garófalo *et al.*, 1989; Camillo, 1998; Garófalo *et al.*, 2004; Aguiar *et al.*, 2005; Pereira y Garófalo, 2010). El hecho de que algunas especies de abejas solitarias nidifiquen en cavidades preexistentes (Krombein, 1967) ha facilitado el estudio de la biología de tales especies. Puesto que las hembras son atraídas utilizando nidos trampa, se abre la posibilidad de atraer abejas solitarias a campos de cultivo específicos, y mejorar así las poblaciones de polinizadores. Para ello, es necesario conocer las especies apropiadas para cultivos específicos, determinar cuál es el mejor nido trampa para las especies seleccionadas, y además los aspectos importantes de su biología como estacionalidad, ciclo de desarrollo, hábitos de nidificación, parásitos, fenología, dinámica poblacional del polinizador, tipo y diversidad de polen colectado, entre otros (Garófalo *et al.*, 2012; MacIvor *et al.*, 2013).

Los nidos trampa pueden ser de diferentes modelos: trozos huecos de bambú de longitudes y diámetros variados, tapados por uno de sus extremos, resguardados de la lluvia en tubos de PVC; trozos de madera compacta a la cual se le hacen túneles, de diámetro y longitud variados; dentro de esos túneles se insertan tubos de cartulina tapados por una de sus extremidades; cajas de madera con tapas también de madera y con un orificio de entrada, cilíndricas o rectangulares. Las tapas también pueden ser de vidrio, a manera de pequeñas cajas de observación, adaptadas a la biología y el tamaño de la abeja que se quiere capturar. Los nidos trampa se pueden colocar suspendidos de ramas de árboles o en soportes que les permitan protegerse de la lluvia; revisiones periódicas serán necesarias para saber qué especie, cuándo y dónde ha colonizado los nidos y tomar las medidas necesarias para obtener datos biológicos del "colonizador". Usando nidos trampa ha sido posible conocer cómo especies de abejas del género *Megachile*, que generalmente construyen sus nidos utilizando pedazos de hojas, resinas y pétalos de flores, han sido capaces de adaptarse a nuevos materiales como poliuretano y polietileno para construir sus nidos (MacIvor y Moore, 2013).

En Colombia se conocen pocos reportes sobre instalación de nidos trampa: en 2006 Palacios informó de la instalación de 80 nidos trampa (tubos de madera y tubos plásticos) en las afueras de la ciudad de Santa Marta (Magdalena), colonizados por especies de los géneros *Megachile* y *Coelioxys*. La instalación de nidos trampa para especies de *Xylocopa* (Fig. 13.1) en cultivos de pasifloras, requiere tener en cuenta algunos criterios para su instalación, como la necesidad de conocer el ciclo de desarrollo general de las especies y la densidad poblacional de las mismas en el sitio donde se pretenda instalar (Pinilla y Nates-Parra, 2015). Actualmente se lleva a cabo un proyecto sobre repoblación de un ecosistema degradado, utilizando nidos trampa con el fin de atraer abejas solitarias (Rosso-Londoño, en desarrollo).

En un trabajo inédito Fermín J. Chamorro (comunicación personal) registró en el 2012 la nidificación de Megachilidae en nidos trampa de bambú, colocados en un área periurbana del municipio de Nariño (Cundinamarca, Colombia). Se colocaron alrededor de 300 nidos trampa con longitudes entre 14-30 cm y diámetros internos de 0,5 – 2,5 cm, los cuales tenía en su interior un tubo de papel bond. En un periodo de 4 meses (agosto-diciembre) se registró la ocupación de 4 nidos trampa, todos de 14 cm de largo x 0,7-0,9 cm de diámetro interno. Se registraron de 11 a 12 celdas de cría por nido, con una relación machos y hembras de 3:9. Mediante análisis palinológico de los residuos en los nidos se encontró que las abejas aprovisionaron los nidos con polen de *Tecoma stans* (Bignoniaceae).

NIDOS TRAMPA PARA MELIPONINOS

Uno de los problemas para la cría de abejas sin aguijón es la dificultad en multiplicar las colonias por cuanto no hay un sistema de cría de reinas ampliamente establecido. Las abejas sin aguijón nidifican en cualquier cavidad que encuentren disponible, así muchas veces hacen sus nidos en lugares poco accesibles (paredes, cimientos de casa, tubos de cemento, arboles de gran porte) de manera que no es fácil retirarlos de allí. Las abejas sin aguijón se dividen por enjambrazón, pero al contrario en *Apis mellifera*, quien sale de la colonia para formar su nueva familia es la reina joven, acompañada de obreras, que previamente han buscado, encontrado y preparado la nueva morada. Algunas especies enjambran frecuentemente, mientras que otras no lo hacen tan frecuente ni tan visible. Slaa (2006) menciona que algunas especies de meliponinos pueden enjambrar una vez ¡cada 20 años!

Los meliponicultores australianos se han ideado una técnica para duplicación o inducir a las abejas a nidificar a partir de un nido fuerte establecido en un lugar de difícil acceso: consiste en unir una colmena para abejas sin aguijón, vacía, por medio de un tubo a la entrada de la colonia que se quiere dividir y espera a que las abejas la ocupen (Dollin, 2001).

En Brasil, el uso de nidos trampa es la única forma legal de obtener colonias de abejas sin aguijón de la naturaleza (CONAMA, 2004) y los meliponicultores de ese país basados en sus propias observaciones sobre los sitios y la frecuencia en la que llegan enjambres de algunas especies han comenzado a implementar diferentes metodologías para colectar



Figura 13.1 Nidos trampa de bambú con ocupación parcial(A); nido abierto con dos celdas en desarrollo (B). Foto: MS. Pinilla

colonias. Colleto-Silva (2005) reporta colectas exitosas extrayendo directamente las colonias de árboles, pero el inconveniente es que eso trae muchas veces la muerte del árbol. Oliveira *et al.* (2013) estudiaron nidos trampa con el fin de recoger los enjambres de abejas sin aguijón surgidos espontáneamente en una región de Brasil; se trata de botellas plásticas acondicionadas con tintura de propóleo como atrayente y una cubierta de plástico para oscurecer el interior de la botella; esos autores reportaron éxito en la captura de enjambres de *Tetragonisca angustula, Tetragona clavipes* y especies de *Scaptotrigona*.

Apicultores colombianos han observado el establecimiento de enjambres de algunas especies de abejas sin aguijón en portanúcleos o colmenas desocupadas de *A. mellifera*; las especies que más reportan son *T. angustula, Nannotrigona* sp., *Tetragona* sp. y *Scaptotrigona* sp. Utilizando ese tipo de cajas o los modelos usados en Brasil, será posible capturar enjambres sin afectar el ecosistema, cuando haya necesidad de incrementar los nidos en los meliponarios y multiplicar los enjambres en la naturaleza. El seguimiento de la tasa de ocupación de nidos a través del año puede dar datos importantes para establecer la época y frecuencia de enjambrazón de diversas especies en una región particular.

REFERENCIAS

Aguiar C, Garofalo C, Almeida G. Trap nesting bees (Hymenoptera, Apoidea) in areas of dry semideciduous forest and caatinga, Bahia, Brazil. Rev Bras Zool. 2005; 22(4):1030-1038. DOI: http://dx.doi.org/10.1590/S0101-81752005000400031

Colleto-Silva A. Captura de enxames de abelhas sem ferrão (Hymenoptera, Apidae, Meliponinae) sem destruição de árvores. Acta Amaz. 2005;35(3):383-388. DOI: http://dx.doi.org/10.1590/S0044-59672005000300012

Camillo E. Nidificação de *Xylocopa frontalis* (Hymenoptera, Apidae, Xylocopini) em ninhos-armadilha. En: Anais do III Encontro sobre abelhas, Ribeirão Preto, SP, Brasil; 1998. p.242.

CONAMA. Gestão de espécies, fauna. Resolução Conama nº 346, de 16 de agosto de 2004. Publicada no DOU (158), de 17 de agosto de 2004; 1:70. Consultado 10 de marzo de 2013. Disponible en: www.areaseg.com/conama/2004/346-2004.pdf

Dollin A. Natural hive duplication. An alternative method of propagating Australian stingless bees. Aussie Bee Online. Article 3. 2001. Consultado marzo 3 de 2013. Disponible en: http://www.aussiebee.com.au/aussiebeeonline003.pdf

Garófalo CA, Camillo E, Serrano JC. Espécies de abelhas do gênero *Centris* (Hymenoptera, Anthophoridae) nidificando em ninhos armadilhas. Ci Cult. 1989;41:799.

Garófalo CA, Martins CF, Alves Dos Santos I. The Brazilian solitary bees species caught in traps nests. En: Freitas BM., Pereira JO. Solitary bees, conservation, rearing and management for pollination. Fortaleza: Universidad Federal do Ceará;2004. p. 77-84.

Garófalo C, Martins CF, Aguiar C, Lama MA, Alves I. As abelhas solitárias e perspectivas para seu uso na polinização no Brasil. En: Imperatriz-Fonseca VL, Canhos DA, Alves D, Saravia AM. Polinizadores no Brasil-A contribuacao e perspectivas para a biodiversidade, uso sustentável, conservação e serviços ambientais. São Paulo: Edusp; 2012. p.183-202.

Krombein KV. Trap-nesting wasps and bees: life histories, nests and associates. Washington, D.C: Smithsonian Institution Press; 1967. 570 p.

MacIvor JS, Cabral JM, PACKER L. Pollen specialization by solitary bees in an urban landscape. Urban Ecosystems. 2013;17(1):139-147. DOI: 10.1007/s11252-013-0321-4.

MacIvor JS, Moore AE. Bees collect polyurethane and polyethylene plastics as novel nest materials. Ecosphere. 2013;4(12): 155. DOI: http://dx.doi.org/10.1890/ES13-00308.1

Oliveira RC, Menezes C, Soares AE, Imperatriz-Fonseca VL. Trap-nests for stingless bees (Hymenoptera, Meliponini Apidologie). 2013;44(1):29-37. DOI: 10.1007/s13592-012-0152-y

Palacios E. Algunas abejas solitarias (Hymenoptera: Apoidea: Megachilidae) de Santa Marta (Magdalena, Colombia) adaptadas a nidos trampa. En: Memorias III Encuentro colombiano sobre abejas silvestres. Santa Marta, Magdalena, Colombia; 2006. p. 43.

Pereira M, Garófalo C. Biología da nidificação de *Xylocopa frontalis* e *Xylocopa grisescens* (Hymenoptera, Apidae, Xylocopini) em ninhos armadilha. Oecología Australis. 2010;14(1):193-209. DOI:10.4257/oeco.2010.1401.11

Pinilla-Gallego MS, G Nates-Parra. Diversidad de visitantes y aproximación al uso de nidos trampa para *Xylocopa* (Hymenoptera: Apidae) en una zona productora de pasifloras en Colombia. Actual Biol. 2015; 37(103):143-153. DOI: 10.17533/udea.acbi.v37n103a03

Slaa EJ. Population dynamics of a stingless bee community in the seasonal dry lowlands of Costa Rica. Insectes Soc. 2006;53(1): 70-79.

CAPÍTULO 14

ABEJAS URBANAS

Guiomar Nates-Parra. M.Sc.
Laboratorio de Investigaciones en abejas-LABUN, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá.
mgnatesp@unal.edu.co

Una de las tendencias actuales en conservación de la biodiversidad es conocer el efecto que las áreas urbanas tienen sobre las plantas y los animales que conviven con la especie humana y su complejo sistema. Muchas especies de fauna silvestre ha sido desplazadas por la urbanización y ese es uno de los factores de la disminución o desaparición de muchas especies, aunque también se dan casos en los que la urbanización brinda sitios de nidificación para otras especies animales, como por ejemplo las abejas. Generalmente los estudios de diversidad de insectos y en particular de abejas, se enfocan en áreas naturales. Sin embargo, es evidente la necesidad de evaluar la influencia del hombre sobre los ecosistemas y faunas asociadas con el fin de proponer alternativas que eviten la desaparición de las especies nativas y de sus hábitats; afortunadamente se están realizando trabajos con este enfoque usando abejas en zonas urbanas o modificando jardines mediante la introducción de especies vegetales atractivas para polinizadores: en Berlín, Saure (1996) hizo un inventario de especies de abejas nativas en la ciudad; Frankie *et al.*, (2002) estudiaron las abejas de Albany y Berkeley (EEUU) y su relación con la vegetación local y posteriormente mostraron que los pequeños jardines de las residencias urbanas en el norte de California, son lugares propicios para el anidamiento de especies de abejas nativas (Frankie *et al.*, 2009) y que es posible incrementar la diversidad de polinizadores abejas plantando especies vegetales atractivas para ellas (Pawelek *et al.*, 2009). En la Universidad de York, en Toronto (Canadá), se desarrolla el proyecto Wild Bee Diversity in the City (Toronto's Wild Bees) dirigido por Scott MacIvor cuyo objetivo es recolectar información acerca de la diversidad de abejas, sitios de nidificación y factores que afectan las poblaciones de abejas en áreas urbanas en Norteamérica (MacIvor *et al.*, 2013) y así poder proponer diseños arquitectónicos que reconcilien las necesidades de las abejas silvestres con las de los seres humanos en paisajes urbanos (Toronto's Wild Bees, 2014). En Brasil, Laroca *et al.*, (1982) y Cure (1983) estudiaron las abejas en parques de la ciudad de Curitiba; Camargo y Mazucato (1986) las abejas de Ribeirão Preto (Brasil); Noll *et al.*, (1993) encontraron 133 especies de abejas en el campus de la Universidad de São Paulo; Castro y Prezoto (2009) destacaron la importancia de los parques urbanos en el establecimiento de nidos de abejas sin aguijón; Moreno (1995) determinó la importancia de los parámetros de nidificación de *Tetragonisca angustula* Latreille, 1811 en Guanare (Venezuela). Para Colombia, tal vez una de las primeras referencias sobre especies de abejas nativas nidificando en los alrededores de áreas urbanas es la de los

hermanos Osorno, cuando publicaron notas sobre la biología de los abejorros del género *Bombus* (Osorno y Osorno, 1938); hoy en día esas áreas son prósperos barrios. Nates-Parra *et al.*, (2006a) realizaron un inventario y revisaron los hábitos de nidificación de abejas sin aguijón en cementerios de ciudades de climas cálidos en Colombia. Estos autores verificaron que estas áreas albergan la mayor densidad de nidos de meliponinos cuando se compara con otras partes de las ciudades estudiadas. Bogotá, Cali, Medellín y Villavicencio son algunas de las ciudades donde se han iniciado estudios relativos al conocimiento de las abejas urbanas, nuevas especies, hábitos de nidificación y forrajeo, recursos polínicos, horarios de actividad que permiten resaltar la importancia que tienen las construcciones urbanas en la vida de muchas especies de abejas, pero a la vez muestran que pasan bastante desapercibidas y que no existen en los planes de reorganización de las urbes (Vélez y Baquero, 2002; Baquero *et al.*, 2003; González, 2006; Pinilla *et al.,* 2016). Nates-Parra *et al.,* (2006b) encontraron 40 especies de abejas silvestres, la mayoría solitarias; verificaron que las jardineras y separadores con *Crocosmia aurea* (lirio amarillo) (Iridaceae), *Jasminum* sp. (jazmín amarillo) (Oleaceae), *Anthirrhinum majus* (boca de dragón) (Plantaginaceae), son lugares muy frecuentados por *Caenohalictus* sp. y *Dialictus* sp., géneros pertenecientes a la familia Halictidae, y que las familias Asteraceae y Plantaginaceae son las familias vegetales más visitadas por varias especies de abejas. Vélez-Ruíz *et al.,* (2013) analizaron aspectos de la ecología urbana de *T. angustula* en la ciudad de Medellín (Antioquia, Colombia). Nates-Parra y Rosso-Londoño (2013), revisaron las especies de abejas sin aguijón (Meliponini) que nidifican en las ciudades y determinaron los factores que influyen en su establecimiento o no en centros urbanos. Recientemente en varias universidades del país se iniciaron estudios sobre la diversidad, distribución y patrones de nidificación de abejas silvestres en las diferentes instalaciones de los campus universitarios (Amaya y Molina, 2013; Martínez-López *et al.*, 2013; Rodríguez *et al.*, 2013). La conclusión general a la que se puede llegar revisando estos y otros trabajos es que las áreas urbanas son importantes en la manutención de la diversidad de abejas silvestres puesto que ofrecen sitios de nidificación representados por construcciones urbanas y cavidades artificiales; además las especies vegetales propias de los jardines, separadores y parques, son un buen suministro de alimento para estas abejas. En cuanto a las abejas solitarias, es frecuente ver nidos de Halictidae y Megachilidae en parques y jardines de pueblos de climas cálidos. Por supuesto la diversidad y riqueza de abejas urbanas está directamente relacionada con la altitud de los diferentes centros urbanos: en climas cálidos es muy frecuente registrar abejas solitarias de las familias Megachilidae, Halictidae y tribus de Apidae como *Centris*, *Xylocopa* y por supuesto las abejas sin aguijón como *Nannotrigona*, *T. angustula*, especies de los géneros *Trigona* y *Partamona*, y otras que por su pequeño tamaño pasan desapercibidas como por ejemplo las del género *Plebeia* están presentes en estas alturas. Por otro lado, en localidades de climas fríos, las abejas sin aguijón disminuyen o desaparecen para dar paso a los abejorros de los géneros *Bombus* y *Thygater*. En general las áreas urbanas de Colombia albergan una gran riqueza faunística que hasta ahora se está empezando a conocer y para lo cual Chacón de Ulloa *et al.,* (2013) proponen impulsar el estudio de los ecosistemas urbanos con el objetivos de organizar áreas urbanas amigables con el ambiente de nuestras ciudades y pueblos. En el patio de nuestra casa o debajo de la ventana de nuestro sitio de trabajo, si miramos con cuidado, puede haber un nido de alguna abeja!

REFERENCIAS

Amaya AP, Molina J. Diversidad y patrones de nidificación de abejas sin aguijón (Apidae: Meliponinae) en la Universidad del Quindío. Resúmenes IX Coloquio de insectos sociales IUSSI Sección Bolivariana. p 53. Cali, Colombia. Agosto, 2013. Boletín del Museo de Entomología de la Universidad del Valle 14(2) Suplemento :1-69

Baquero P, Vélez D, Rodríguez A, Parra A, Quijano C, Mora J, Nates-Parra G. Observaciones preliminares de los aspectos de forrajeo y nidificación en *Thygater aethiops* Smith (Hymenoptera:Apidae) en el área urbana de Bogotá. En: XX Congreso Sociedad Colombiana de Entomología. Sociedad Colombiana de Entomología. Cali, Colombia. 2003; 10.

Camargo JMF, Mazucato M. Inventario da apifauna apicola de Ribeirao Preto, S.P. Brasil. Dusenia. 1986; 4(2): 55-87.

Castro LC, Prezoto F. Ninhos de abelhas sem ferrão em praças urbanas. Mensagem Doce:104. Noviembre de 2009. [Citado en marzo 10 de 2014]. Disponible en: http://www.apacame.org.br/mensagemdoce/104/msg104.htm

Cure JR. Estudo ecológico da comunidade de abelhas silvestres (Hymenoptera: Apoidea) do parque de cidade, comparado ao de outras áreas de Curitiba, Paraná. (Tesis de Maestría), Universidade Federal do Paraná. Curitiba. Brasil. 1983 p.86.

Chacón de Ulloa P, Ramírez-Restrepo L, Rodríguez-Montoya M. Capítulo Colombia. En: I. MacGregor-Fors y R. Ortega-Alvarez (edts). Ecología urbana experiencias en América Latina. Instituto de Ecologia de México. 130 p.

Frankie F, Thorp R, Schindler M, Ertter B, Przybylski M. Bees in Berkeley?. Fremontia. 2002; 30(3-4): 50-58.

Frankie GW, Thorp RW, Pawelek JC, Hernandez J, Coville R. Urban bee diversity in a small residential garden in northern California. J Hymen Res. 2009; 18(2): 368-379.

González VH. Dos especies nuevas de abejas (Hymenoptera) de la ciudad de Bogotá (Colombia). Rev Colomb Entomol. 2006; 32(1): 93-96.

Laroca S, Cure JR, Bortoli C. A associação de abelhas silvestres (Hymenoptera: Apoidea) de uma área restrita no interior da cidade de Curitiba (Brasil): uma abordagem biocenótica. Dusenia. 1982; 13(3): 93-117.

Macivor JS, Cabral JM, Packer L. Pollen specialization by solitary bees in an urban landscape. Urban Ecosys. 2013; 17(1): 139-147. Doi: 10.1007/s11252-013-0321-4.

Martínez López S, Soto Medina EA, Otero Ospina JT. Distribución espacial de los nidos de *Nannotrigona mellaria* (Apidae: Meliponini) en la Universidad del Valle. Resúmenes IX Coloquio de insectos sociales IUSSI Sección Bolivariana. p 36. Cali, Colombia. Agosto, 2013 Boletín del Museo de Entomología de la Universidad del Valle 14(2) Suplemento :1-69

Moreno, F. Parámetros biométricos en colonias de abejas criolla sin aguijón *Tetragonisca angustula* en construcciones civiles urbanas de la ciudad de Guanare (Portuguesa, Venezuela). I Reunión Sección Bolivariana de la Unión Internacional para el estudio de los Insectos Sociales IUSSI. Universidad del Valle, Cali, Colombia. 1995; 19-20.

Nates-Parra G, Rodríguez A, Vélez ED. Abejas sin aguijón (Hymenoptera: Apidae: Meliponini) en cementerios de la Cordillera Oriental de Colombia. Acta Biol Colomb. 2006a; 11(1): 25-35.

Nates-Parra G, Parra A, Rodríguez A, Baquero P, Vélez ED. Abejas silvestres (Hymenoptera: Apoidea) en ecosistemas urbanos: Estudio en la ciudad de Bogotá y sus alrededores. Rev Colomb Entomol. 2006b; 32(1): 77-84.

Nates-Parra G, Rosso-Londoño J. Diversidad de abejas sin aguijón (Hymenoptera: Meliponini) utilizadas en meliponicultura en Colombia. Acta Biol Colomb. 2013; 18(3): 415-426.

Noll FRN, Bego LR, Imperatriz-Fonseca VL. As abelhas em áreas urbanas: um estudo no campus da Universidade de São Paulo. En: Pirani JR, Cortosassi Laurino M. Flores e abelhas em São Paulo. Editora da Universidade de São Paulo. FAPESP. 1993; 31-42.

Osorno E, Osorno H. Notas biológicas sobre algunas especies de *Bombus* de los alrededores de Bogotá, Colombia, Sur América. Rev Entomol. 1938; 9(1/2): 32-39.

Pawelek J, Frankie GW, Thorp RW, Przybylski M. Modification of a community garden to attract native bee pollinators in urban San Luis Obispo, California. [Consultado febrero 15 2014]. Cities and the Environment. 2009; 2(1): 7:21 http://digitalcommons.lmu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1033&context=cate

Pinilla-Gallego MS, Nieto-Fernández V, Nates-Parra G. Recurso polínico y ciclo estacional de *Thygater aethiops* (Hymenoptera: Apidae) en un ambiente urbano (Bogotá-Colombia). Aceptado Rev. Biol. Trop.2016; 64(3).

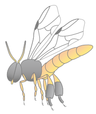
Vélez ED, Baquero P. Observaciones preliminares del comportamiento de forrajeo de *Thygater aethiops* sobre *Abelia grandiflora* en el jardín botánico "José Celestino Mutis". Resumen I Encuentro Colombiano Sobre Abejas Silvestres, Bogotá, Colombia. 2002.

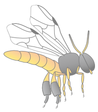
Vélez-Ruíz R, González VH, Engel MS. Observations on the urban ecology of the Neotropical stingless bee *Tetragonisca angustula* (Hymenoptera: Apidae: Meliponini). J Melitt. 2013; 15: 1–8.

Rodríguez M, Vásquez E, Chacón De Ulloa P. Abejas sin aguijón en el Campus de la Universidad del Valle p 44. Cali, Colombia. Agosto, 2013 Boletín del Museo de Entomología de la Universidad del Valle 14(2) Suplemento :1-69

Saure C. Urban habitats for bees: the example of the city of Berlin. In: Cap. 4. The conservation of bees. Linnean Society Symposium Series. Academic Press. 1996; 18: 47-54.

Toronto's Wild Bees. [Citado en marzo 10 de 2014]. Disponible en: http://www.tobee.ca/.





CAPÍTULO 15

LAS COLECCIONES ENTOMOLÓGICAS Y LAS INICIATIVAS DE POLINIZADORES

Guiomar Nates-Parra. M.Sc.
Laboratorio de Investigaciones en abejas-LABUN, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá.
mgnatesp@unal.edu.co

Los museos con colecciones biológicas son centros de información e investigación donde la diversidad biológica se preserva en el tiempo y en el espacio (Llorente y Castro, 2002). Sin embargo, el material depositado y conservado no tendría mucho valor si no fuera acompañado por notas de campo, las cuales constituyen un material básico para fortalecer bases de datos para la recuperación posterior de información sobre distribución geográfica y altitudinal, zonas de vida, hábitos de nidificación y forrajeo y más datos. Igualmente, un material debidamente conservado servirá para estudios sistemáticos, filogenéticos y evolutivos (cambios genéticos y morfológicos) (Lister *et al.*, 2011). Como ejemplo: utilizando datos de colecciones de abejas orquídea (Apidae: Euglossini) durante 20 años en Panamá, Roubik (2001) hizo el seguimiento de una población local, elaboró una lista de las especies y, además, registró los cambios sufridos por la comunidad en cuanto a riqueza y abundancia durante ese tiempo.

Sin embargo, a pesar de la importancia de las colecciones para el conocimiento y conservación de la biodiversidad, cada vez se se ven más afectadas por lo que se ha llamado *la crisis de las colecciones* (Muñoz, 2011) provocada por la disminución o no asignación de presupuestos para mantenimiento tanto de colecciones y sostenimiento de curadores. El conocer cuántas y cuáles son las especies animales y vegetales de las distintas regiones del mundo en general, y de nuestro país en particular es prioritario para comprometer acciones de conservación a todos los niveles y fortalecer las colecciones taxonómicas como depositarias de ese conocimiento (Silveira y Alvarenga, 2012).

En particular, las colecciones entomológicas albergan gran cantidad de especies y ejemplares de insectos involucrados directamente en los procesos de polinización, como las abejas. Estos insectos son parte importante de muchas colecciones en el mundo, aunque en Colombia su representatividad es menor.

Para que una colección entomológica sea de utilidad es necesario que esté bien gestionada , en especial la información asociada (notas de campo, etiquetas, fotografías, archivos digitales). McGinley (1993) propuso un Índice de Salud de las Colecciones (ISC)

con el objetivo de evaluar el estado de salud de una colección y definir las estrategias necesarias para su mejoramiento. El índice se basa en un sistema de niveles que identifican el estado de curación de las unidades de almacenamiento desde gavetas y armarios, hasta ejemplares (Fernández *et al.*, 2005).

Uno de los últimos pasos de la curación de una colección es la sistematización consecuente con material debidamente preparado, documentado e identificado (Sarmiento, com. pers.). De ese modo se podrá recuperar información valiosa como distribución altitudinal y geográfica, interacciones planta-abeja, cambios en las comunidades de abejas en regiones particulares a través de varios años, relación de sexos y demás datos.

De las varias colecciones entomológicas en el país la mayoría reúnen sólo fauna local y presentan un nivel de curaduría o un Índice de Salud muy bajo. Esto en parte debido a límites de presupuesto u orientaciones a grupos o fines académicos. En general, la mayoría de estas colecciones están abiertas al investigador, previa solicitud. Algunas colecciones, desafortunadamente, están cerradas a investigadores o son hostiles a los foráneos.

Probablemente la colección de abejas con mayor número de taxones representados se encuentra en el Laboratorio de Abejas del Departamento de Biología de la Universidad Nacional de Colombia, Bogotá (**LABUN**), colección que alberga unos 27.000 ejemplares de las diferentes regiones naturales de Colombia, principalmente Andina. Esta colección es particularmente fuerte en abejas sin aguijón (Meliponini). LABUN se creó en 1976 y actualmente es la única colección dedicada exclusivamente a abejas (Apoidea: Apiformes), con la curación de Guiomar Nates-Parra y Rodulfo Ospina

Otras colecciones importantes por el número de ejemplares depositados y áreas exploradas, son:

- Museo Entomológico "Francisco Luís Gallego" de la Universidad Nacional, Sede Medellín (**MEFLG**. Curador actual: Sergio Orduz) aproximadamente 17.347 ejemplares de Apoidea, con buena representación de ejemplares del noroeste del país y la única que hasta el momento ha publicado un catálogo (Vélez-Ruiz, 2009). Fundada en 1937 por el Dr. Francisco Luis Gallego bajo el nombre de Archivo Entomológico, enfocada inicialmente en los insectos de importancia agrícola. Poco a poco se ha incrementado y diversificado y actualmente un referente para investigadores y taxónomos nacionales e internacionales. En 1967 se convirtió en Museo Entomológico con el nombre de su fundador (Morales, 2009).
- Colección Entomológica de la Universidad de los Andes (Ceandes). Alberga varios grupos taxonómicos de insectos presentes en diferentes regiones del país, especialmente de los órdenes Hymenoptera, Lepidoptera y Odonata, además de vectores de enfermedades. En cuanto a abejas, allí reposan unos 6.000 ejemplares de euglosinos, con 42 especies producto de colectas realizadas en el marco de diferentes proyectos de investigación.

- Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá (**ICN** Carlos Sarmiento y Fernando Fernández), con alrededor de 3.000 ejemplares en seco de amplias regiones del país y antigüedad hasta unos 20 años.
- Instituto de Investigación de Recursos Biológicos "Alexander von Humboldt" (**IAvH**. Claudia Medina). Alrededor de unos 2.000 ejemplares fruto principalmente de las expediciones del Gema y del proyecto Diversidad de Insectos de Colombia (con NSF y Parques Nacionales) con importante material de regiones poco conocidas y altamente amenazadas como los bosques de niebla y los bosques secos tropicales del Atlántico.
- El Laboratorio de Entomología de la Pontificia Universidad Javeriana, adscrito el Departamento de Biología, es una colección que hace parte del Museo Javeriano de Historia Natural "Lorenzo Uribe", Universidad Javeriana, Bogotá (**MPUJ).** Sus curadores son Giovanny Fagua y Dimitri Forero y alberga unos 1.500 ejemplares de Apoidea.
- Colección entomológica del Grupo de Biodiversidad y Ecología de Abejas Silvestres (BEAS) Universidad Militar Nueva Granada: Curador: José Ricardo Cure. Alberga unos 2.400 ejemplares, con énfasis en abejorros y carpinteras.
- Colección entomológica Universidad del Magdalena (Ceum): 839 ejemplares.
- Museo Entomológico de la Universidad del Valle, Cali (**Musenuv**. Nancy Carrejo) 526 Ejemplares: tiene un inventario interesante de las especies de Euglossini del suroeste y del Pacífico.
- Colección Entomológica del Museo de Historia Natural de la Universidad del Cauca (**MHNUC**, Giselle Zambrano) 226 ejemplares, con una importante colección del sur del país.
- Colección de insectos de la Facultad de Agronomía de la UN Bogotá (curador Francisco Serna) que tiene especies de *Centris*, euglosinos, *Bombus*, *Xylocopa*.
- Colección entomológica de la Universidad Pedagógica Nacional (curadora Marta García) en Bogotá, poco accesible a investigadores.

En total, estas colecciones posen unos 60.000 ejemplares de abejas en seco con un 80% depositados en colecciones de la UN Bogotá y Medellín. Esto no incluye otras colecciones (algunas privadas) u otras donde las abejas están incluidas dentro de otros grupos o no ofrecen estadísticas. Tampoco se tienen datos de colecciones que se están iniciando alimentadas por inventarios regionales.

Por otro lado, hay personas vinculadas a instituciones educativas que si bien no tienen un grupo específico enfocan su quehacer científico y docente al conocimiento de las abejas y sus interacciones: G. Zambrano (Cauca); Diana Obregón (Yopal); Paula Sepúlveda (Magdalena), U. Andes (egresados) entre otros. Igualmente, grupos de apicultores están iniciando organizaciones incipientes alrededor de los meliponinos y organizan colecciones vivas de meliponinos (E. Santamaría, en Sucre, F. Silva, en Huila). Grupos de agricultores, preocupados por la disminución de calidad y cantidad de sus cosechas, también comienzan a preguntar sobre abejas silvestres, solitarias, como agentes responsables de la polinización de sus cultivos.

Algunas de estas colecciones participaron en la Red Temática de Polinizadores (Ptn) que hace parte de la Red Interamericana de Información sobre Biodiversidad (Iabin) con el proyecto Sistematización y visualización de la base de datos sobre polinizadores depositados en sus respectivas instituciones. Con ese proyecto se logró hacer visible parte del material de colecciones a través de la página (http://pollinators.iabin.net) del ICN, LABUN y la red del Iabin en coordinación con el Punto Focal Nacional (IAvH), siguiendo estándares recomendados por Iabin para bases de datos biológicos de acceso libre y con la mayor calidad (entendida como potencial de uso).

Sistema de Información sobre Biodiversidad (SIB)

A raíz de la ratificación por Colombia del Convenio de diversidad Biológica (ley 165 de 1994) se creó un Sistema Nacional Ambiental para Colombia (Sinac) en el que se enmarcó el Sistema de Información sobre Biodiversidad (Decreto 1600 de 1994). En el 2002 cuando el Instituto Humboldt se encargó de diseñar y coordinar la puesta en marcha del Sib.

El Sib Colombia es una iniciativa nacional, de carácter colaborativo que tiene como propósito brindar acceso libre a información sobre la diversidad biológica del país para la construcción de una sociedad sostenible. Esta iniciativa facilita la publicación en línea de datos sobre biodiversidad y su acceso a una amplia variedad de audiencias, apoyando de forma oportuna y eficiente la gestión integral de la biodiversidad (http://www.sibcolombia.net/web/sib/acerca-del-sib).

Para el 2012 la Universidad Nacional se vinculó al Sistema de Información de la Biodiversidad (Sib-UN), cuyo objetivo principal es sistematizar y hacer visibles las colecciones existentes en todas las sedes de la Universidad Nacional de Colombia. Gracias a esto ha sido posible avanzar en la actualización del estado de curaduría de colecciones importantes por ser depositarias de especímenes de polinizadores de la flora colombiana.

Abejas colombianas en museos extranjeros

En muchos museos del mundo aparecen grandes colecciones de abejas provenientes de países vecinos al nuestro, aunque son escasos los ejemplares provenientes de Colombia. Se han encontrado sólo 71 especies cuyos ejemplares tipo están depositados en grandes museos de Europa, Estados Unidos y Brasil. 23 de ellos, casi todos paratipos, se encuentran en instituciones colombianas. 75% de los tipos corresponde a las familias Halictidae y Apidae. Los museos extranjeros más importantes que albergan especímenes colombianos son el Museo de Entomología de la Universidad de Cornell, Museo de Historia Natural de Londres, Museo Americano de Historia Natural de Nueva York, Departamento de Zoología de la Universidad Federal de Paraná, Museo de Zoología de la Universidad de São Paulo, Laboratorio de Biología y Sistemática de Abejas de la Universidad de Utah, Museo de Zoología de la Universidad Humboldt, Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales, Panamá, Museo Nacional de Historia Natural de los EEUU en Washington y Museo de Entomología de la Universidad de Kansas.

La colección más importante para el mundo es la del Museo Nacional de Historia Natural de París pues alberga aproximadamente 6.000 holotipos, incluyendo ejemplares descritos por Latreille, Cresson, Lepeletier, Vachal y Saussure entre otros.

http://www.cria.org.br/cgee/documentos/NotaTecnicaAbelhas.doc)

Si bien la revisión de colecciones y notas de campo ha permitido detectar especies o registros nuevos de abejas también se han observado varios problemas que impiden que el conocimiento de las especies sea más eficiente:

- Aspectos curatoriales muestran que todavía hay mucho trabajo por realizar para tener una colección con un Índice de Salud aceptable: buen porcentaje de ejemplares accesibles y una entrada continua de material nuevo. Para esto se requieren recursos económicos para materiales y personal dedicado a realizar las diferentes fases del proceso.
- La ausencia de metodologías unificadas de muestreos: las diferencias en cuanto a duración, área de muestreo, frecuencia, dificultan los análisis posteriores.
- Clase de datos asociados: Importante tener en cuenta datos como localidad exacta (departamento, municipio, vereda, finca), fecha de colección, colector, sustrato donde se encontró el insecto, actividad, descripción de paisaje, descripción de nido, tipo de interacción con plantas, muestra vegetal asociada, organismos asociados.
- Ausencia de protocolos a seguir para la toma de datos de interacciones particulares como polen de contacto, polen de corbículas.
- Identificación apropiada de las especies: problema relacionado con el déficit de taxónomos. Con tan alta diversidad de especies de Apoidea en el país se hace necesario incrementar el número de especialistas en grupos particulares. Actualmente en cada una de las colecciones del país, lo normal es que una sola persona sea la responsable de las labores curatoriales y además la identificación de ejemplares. Recientemente se ha incrementado el número de especies de abejas en el país debido al surgimiento de taxónomos nacionales (que si bien trabajan fuera del país), pueden ser un apoyo para la determinación de las especies. Para algunos de los géneros existentes en el país hay claves taxonómicas publicadas que permiten llegar a nivel de especies (como *Bombus*, *Thygater*, *Xylocopa*, Euglossini, *Centris*, *Trigona*).

REFERENCIAS

Fernández F, Muñoz Y, Simmons J, Samper C. La gestión en la administración de las colecciones biológicas. En J. Simmons y Y Muñoz (Ed). Cuidado, manejo y conservación de las colecciones biológicas. Conservación Internacional, serie Manuales de campo. Universidad Nacional de Colombia y CI. 2005; 189-206.

Lister M. Natural history collections as sources of long-term datasets. Trends Ecol Evol. 2011; 26(4): 153-154.

Llorente J, Castro J. Colecciones entomológicas en instituciones taxonómicas de Iberoamérica: ¿Hacia estrategias para el inventario de la biodiversidad? Monografías Tercer Milenio (Sociedad Entomológica Aragonesa). 2002; 2: 207-318. http://www.mariposasmexicanas.com/docs/Llorente_Castro2002.pdf

McGinley RJ. Where's the management in collection management? Planning for improved care, greater use, and growth of collections. en: Rose CL, Williams SL, Gisbert J. (eds.). Current Issues, Initiatives, and Future Directions for the Preservation and Conservation of Natural History Collections. Ministerio de Cultura, Madrid. 1993; 309–338 pp.

Morales G. Historia del Museo Entomológico Francisco Luis Gallego. Bol Mus Entomol Francisco Luis Gallego. 2009; 1(1): 1-7. Disponible en: http://www.unalmed.edu.co/~mentomol/museo.html. Consultado en Agosto 2016

Roubik DW. Ups and downs in pollinator populations: When is there a decline? Conserv Ecol. 2001; 5(1): 2. Disponible en: http://www.consecol.org/vol5/iss1/art2/. Consultado en agosto 2016

Silveira F, Alvarenga A. O acervo de abelhas da Coleção Entomológica das Coleções Taxonômicas da UFMG.MG. Biota. Belo Horizonte. 2011/2012; 4(5): 5-24.

Vélez-Ruiz RI. Una aproximación a la sistemática de las abejas silvestres de Colombia (tesis de maestría). Medellín: Facultad de Ciencias. Universidad Nacional de Colombia, 2009. 365p.

Bombus atratus en *Dahlia imperialis*
G. Nates-Parra



SECCIÓN IV
ESTUDIOS DE CASO

CAPÍTULO 16

LAS ABEJAS SIN AGUIJÓN (APIDAE: MELIPONINI) VISITANTES FLORALES DE PALMAS (ARECACEAE) EN COLOMBIA, Y SU PAPEL EN LA POLINIZACIÓN

Luis Alberto Núñez[1] Ph. D., Javier Carreño[2] M. Sc
[1]Universidad de La Salle, Bogotá, Colombia.
[2]Unitropico, Yopal, Casanare, Colombia.
lanunez@unisalle.edu.co, javiercarreno@unitropico.edu.co

RESUMEN

Se evaluó la asociación y el papel de las abejas sin aguijón (Apidaeae: Meliponini) como polinizadores de palmas (Arecaceae) silvestres en Colombia. Se determinó la composición y la abundancia a partir de la colecta de todas las especies de abejas que visitaron inflorescencias de 81 especies de palmas en 60 diferentes localidades del país. Con observaciones directas, registro fotográfico y videograbaciones en cada inflorescencia se siguió el comportamiento de las abejas visitantes; la importancia como polinizadores se cuantificó en algunas de ellas, apoyados con los índices: valor de importancia (IVIP) e importancia relativa como polinizador (IRP). Se registran 97 especies de abejas, con una riqueza que varió entre 1 a 15 especies por especie de palma y entre 1 a 250 individuos por especie de abeja en cada inflorescencia. Todas las abejas acceden a las inflorescencias por la gran cantidad de polen que producen. La actividad de las abejas fue diurna y ocurrió principalmente en fase masculina disminuyendo considerablemente la actividad en fase femenina por lo que el flujo de polen es bajo. Se encontró participación eficiente en la polinización en palmas de los géneros *Geonoma, Sabal* y *Syagrus*, como polinizadoras secundarios en *Attalea, Euterpe* y *Mauritia* y sin ninguna participación como polinizadoras en especies de *Aiphanes, Manicaria* y *Oenocarpus*. Aunque las abejas son insectos generalistas, la constante producción de inflorescencias aumenta la constancia y fidelidad, aumentando así el flujo de polen intraespecífico en las palmas que polinizan. Los resultados indican una fuerte asociación entre palmas y abejas, pero baja participación en la polinización, debido a restricciones impuestas por la estrategia reproductiva de cada palma que incluye aspectos morfológicos, temporales, de la antesis y por el comportamiento restringido a la fase masculina por parte de la mayoría de abejas.

Palabras clave: Arecaceae, Meliponini, polen, polinización, síndromes de polinización.

INTRODUCCIÓN

Las palmas son una de las más importantes y mejor conocidas familias de plantas (Galeano y Bernal, 2010). La diversidad de la familia se estima en 200 géneros y unas 2400 especies en el mundo, la mayor diversidad se encuentra en América con 550 especies en 67 géneros (Henderson *et al.*, 1995), destacando a Colombia como el país más diverso con 45 géneros y 248 especies (Galeano y Bernal, 2010; Bernal y Galeano, 2013).

Además de la alta diversidad, las palmas son un componente importante de los ecosistemas tropicales (Henderson, 2002). Son fuente de alimento para la fauna silvestre (Henderson, 1986), representan uno de los grupos más útiles para el hombre (Balslev, 2011) y son un elemento destacado en la economía de subsistencia de varios pueblos indígenas y campesinos (Macia *et al*., 2011). Dentro del gran potencial que presentan las especies de la familia de las palmas se destaca la producción de gran cantidad de frutos, los cuales son fuente importante de carbohidratos, aceites, proteínas de alta calidad y gran cantidad de productos derivados (Bernal *et al.*, 2011; Bernal y Galeano, 2013). En todos los casos la producción de frutos es el resultado de la polinización cruzada que han realizado previamente insectos asociados a cada inflorescencia (Barfod *et al.*, 2011); los cuales son atraídos en gran número y diversidad a las inflorescencias en busca de alimento, principalmente polen, encuentro con parejas, sitios para ovopositar y desarrollar su ciclo de vida en diferentes partes de las estructuras reproductivas (Núñez y Rojas, 2008).

La alta diversidad de visitantes florales en palmas ha generado varias posibilidades en cuanto a los tipos de polinización, pero tres de ellos son los más reportados, polinización por coleópteros o cantarófila, por abejas o melitófila y polinización por moscas o miófila (Henderson, 1986). La polinización por cada uno de estos grupos está acompañada por una serie combinada de caracteres, morfológicos, fenológicos y de biología floral que reflejan adaptaciones reproductivas de las flores e inflorescencias con los polinizadores (Silberbabuer-Gottsberger, 1990). Es así como la polinización por abejas (melitofília) ha sido asociada con inflorescencias protandras, flores que producen néctar, se desarrollan días después de la apertura, pocos estambres y producción y liberación de olor dulce (Henderson, 1986)

Aunque en estudios previos sobre polinización de palmas neo tropicales se registran con frecuencia diferentes especies de abejas entre sus visitantes florales (Henderson, 1986; Silberbauer-Gottsberger, 1990; Barfod *et al.*, 2011), la participación como polinizadores de palmas no es del todo clara. Algunos estudios sugirieren una participación activa y eficiente, por ejemplo, en *Geonoma interrupta* (Listabarth, 1993), en *Prestoea decurrens* (Bernal y Ervik, 1996), *Butia paraguayensis* (Silberbauer-Gottsberger *et al.*, 2013) y *Syagrus orinocensis* (Núñez, 2014). Sin embargo, otros estudios plantean una baja participación como polinizadores (Listabarth, 1993; Barfod *et al.*, 2011; Núñez y Carreño, 2013; Núñez *et al.*, 2015) y otros estudios, aunque indican que la visita es frecuente, han descartado la participación eficiente de este grupo de insectos como polinizadores de palmas (Bernal y Ervik, 1996; Núñez y Rojas, 2008; Núñez *et al.*, 2015). Estas posicio-

nes contrastantes sobre el papel de las especies de abejas como polinizadores de palmas hacen necesarios estudios que evalúen de manera cualitativa y cuantitativa su participación y así se pueda presentar una argumentación más detallada y sólida sobre las especies de palmas con síndrome de polinización por abejas.

Por todo lo anterior, la presente investigación pretendió llenar este vacío, mediante un registro y el análisis multiespecifico de la asociación de las especies de abejas (Apidae: Meliponini) que visitan las inflorescencias de palmas en Colombia. Los interrogantes planteados fueron los siguientes: i. ¿Cuáles especies de abejas meliponinas visitan inflorescencias de palmas en Colombia?, ii ¿todas las especies de abejas participan de manera eficiente en la polinización de palmas silvestres neotropicales?, y iii ¿en palmas silvestres cuáles características determinan el síndrome de polinización por abejas?

MATERIALES Y MÉTODOS

Fase de campo: El esquema de trabajo de campo tuvo dos enfoques. 1. Un muestreo intensivo en donde de manera continua, entre el 2009 y 2013 se realizó el seguimiento, mes a mes de los visitantes florales, incluidas las especies de abejas en inflorescencias de las palmas: *Attalea butyracea, A. insignis, Oenocarpus bataua, Syagrus sancona* y *S. orinocensis* en la Orinoquia colombiana; *Wettinia quinaria* en la costa del Pacífico colombiano y *Sabal mauritiformis* en la costa Caribe colombiana. El seguimiento permitió evaluar variación temporal de las abejas, la capacidad de transportar y depositar polen y la contribución en la polinización de cada especie de abeja en cada palma. 2. Un muestreo extensivo, en donde de manera rápida y con salidas de 5 a 10 días se visitaron poblaciones de palmas silvestres en al menos 60 localidades de Colombia, donde se colectaron todas las especies de abejas que visitaron las inflorescencias de palmas que en ese momento se encontraban en floración. El muestreo extensivo permitió valorar la diversidad de abejas que visitan flores de palmas, el recurso floral aprovechado y la preferencia de las abejas por grupos particulares de palmas en las diferentes regiones y diferentes tipos de ecosistemas.

Las colectas de visitantes florales se realizaron accediendo directamente a las inflorescencias, a las más altas se llegaron utilizando escaleras y equipo de ascenso. Cada inflorescencia fue embolsada y mediante sacudidas se recolectaron todos los visitantes que llegaron a las inflorescencias. Para cada especie de palma se registró, la localidad, el sexo y el estado de la fase reproductiva en cada inflorescencia; para las especies de abejas se registró la abundancia en fase masculina y femenina de las palmas monoicas, en los machos y hembras en el caso de las palmas dioicas.

Fase de laboratorio. Se separaron todas las especies de abejas meliponinas del resto de los insectos capturados en cada colecta, utilizando un estereoscopio Leica Zoom 2000. A partir de rasgos morfológicos se separaron las morfo especies de abejas. De cada morfo especie se tomaron cinco individuos, se montaron en seco y se catalogaron e identificaron. Para la identificación se siguió la clasificación de Camargo y Pedro (1992)

y Rasmussen y Camargo (2008). La identificación taxonómica se efectuó, cuando fue posible, hasta el nivel de especie siguiendo las claves de Nates-Parra (1996; 2001), Camargo y Moure (1994; 1996), Nates-Parra *et al.* (2006), Albuquerque y Camargo (2007) y Michener (2007). La mayoría de las especies fueron confirmadas por especialistas, otras contrastadas con la colección de referencia de estudios previos de polinización de especies de palmas y algunas se reportan como morfo especies ya que no fue posible la identificación. Una muestra de diferentes especies fue almacenada en frascos de vidrio con alcohol 96%, con su respectiva etiqueta y se generó una colección de referencia y se depositó en la colección de entomología del Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional, Bogotá (ICN-MHN), otra se hace parte de las colecciones personales del primer autor.

Abundancias. La abundancia relativa de las especies de abejas se calculó como las sumas de las abundancias parciales de tres colectas realizadas durante los tres primeros días de antesis de cada inflorescencia en el muestreo intensivo y del número de individuos encontrado en cada colecta en el muestreo extensivo. Además, se determinó la variación temporal (durante 12 meses) de la visita, a partir de la evaluación de las abundancias en seis especies de abejas asociadas a cinco especies diferentes de palmas de Colombia: *Nannotrigona mellaria* y *Oxytrigona daemoniaca* asociadas a *Sabal mauritiiformis, Noguerapis mirandula* a *Wettinia quinaria*; *Paratrigona eutaenianata* asociada a *Ceroxylon sasaimae, Plebeia minima* asociada a *Prestoea decurrens* y *Nannotrigona melanocera* asociada a *Roystonea oleracea*. Para ello, cada mes y a lo largo de un año, se contaron y colectaron las especies de abejas en tres inflorescencias de cada especie y se determinó la abundancia relativa.

Comportamiento. El comportamiento se basó en las observaciones resultado del seguimiento a las palmas *Attalea butyracea, A. insignis, Oenocarpus bataua, Socratea exorrhiza* y *S. orinocensis* en la Orinoquia colombiana; debido a que fueron las palmas con más fácil acceso, mayor actividad y constancia en la visita de las especies de abejas. Las observaciones se realizaron en inflorescencias de individuos distintos de cada palma y durante todo el ciclo reproductivo de cada inflorescencia; y con intervalos de 6 horas día y noche. Se tuvo en cuenta la hora de llegada y salida de los insectos, la actividad dentro de la inflorescencia. En el momento de mayor actividad de visita de abejas en las inflorescencias, se realizaron registros audiovisuales utilizando una cámara de video HD, JVC Everio GZ-HD30U y una cámara fotográfica Canon EOS 7D-HD.

Valor de importancia como polinizadores. Se cuantificó el papel en la polinización en once especies de abejas asociados a las especies de palmas: *Attalea butyracea, A. insignis, Oenocarpus bataua, O. minor, Socratea exorrhiza, Syagrus sancona, S. orinocensis y Wettinia praemorsa* en la Orinoquia colombiana; *Welfia regia,* y *Wettinia aequalis* en la costa del Pacífico colombiano, *Chryosophila kalbreyeri* y *Sabal mauritiformis* en la costa Caribe colombiana y, en *Ceroxylon sasaimae y Prostoea acuminata* en bosques de los Andes en Colombia. La importancia como polinizadores se cuantificó a partir del cálculo del índice de valor de importancia (IVIP) e importancia relativa como polinizador (IRP)

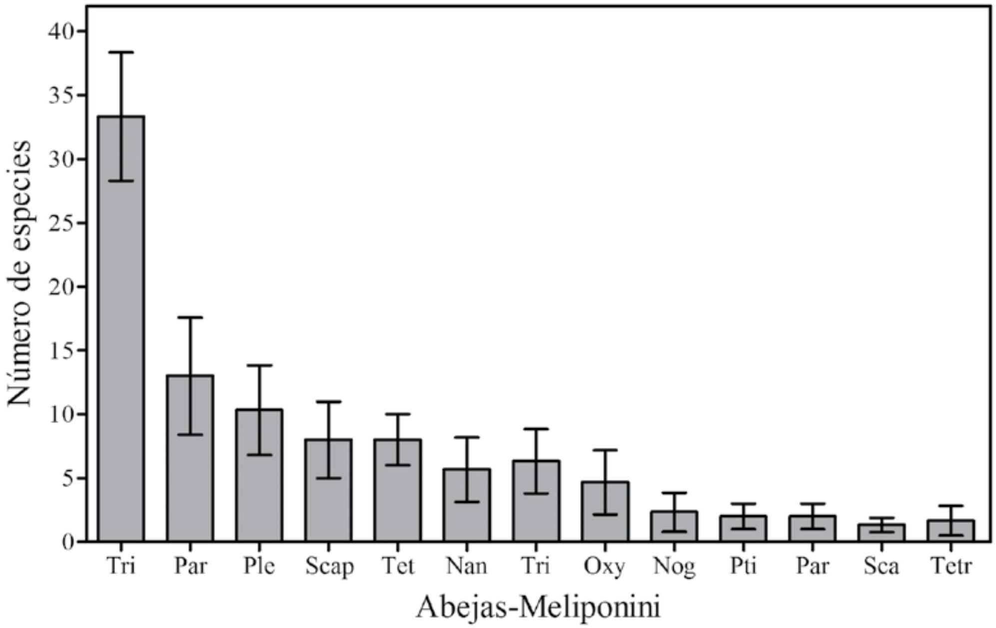
asociados a palmas (Núñez y Rojas, 2008). El índice relaciona capacidad de transporte de polen desde la flor masculina (CTP), la eficiencia en el transporte de polen a las flores femeninas (ETP), la abundancia (A) de visita a flores femeninas y la fidelidad (F). Para determinar el CTP y ETP se capturaron individualmente 10 insectos de cada especie de abeja y se preservaron en alcohol al 70 %. En el laboratorio con la técnica de Núñez *et al.,* (2005) se procedió a la separación y conteo de las cargas de polen presente en los cuerpos de los insectos. La fidelidad se calculó a partir de la formula F= 1/n, donde n= número de especies de palmas visitadas, por cada especie de abeja.

Asociación palmas y abejas. El grado de asociación entre especies de abejas y palmas se analizó a partir de una red compleja. La red permite conocer la preferencia y fuerza de la asociación a partir del número de enlaces (Guimarães *et al.,* 2007). Construimos una matriz cualitativa (PxA_m, PxA_f) entre las palmas (P) y las especies de abejas que las visitaron (A), para la fase masculina (A_m) y la femenina (A_f). En las matrices, la interacción se representa con 1 cuando ocurre y 0 cuando es ausente. Para cada matriz calculamos los principales parámetros cualitativos y cuantitativos de la red (estructura de la red, ensamblaje, grado de anidamiento, conectancia, grado de asociación) que permiten entender la asociación. Los parámetros fueron calculados con las librerías Bipartite, Vegan y Network (Dormann *et al*., 2009) con software R (ver. 2.11.1, R Development Core-Team 2010).

RESULTADOS

Composición. Se realizaron 319 registros de visitantes florales provenientes de al menos 60 localidades en toda Colombia. En ellos se colectaron 6.523 individuos, correspondientes a 97 especies de abejas (morfo especies incluidas) de 13 géneros (Fig. 16.1A) asociadas a 81 especies de palmas (Tabla 16.1), es decir, encontramos al menos una especie de abejas asociada a las inflorescencias del 100% de las especies de palmas muestreadas. El género de abejas con mayor diversidad fue *Trigona* con 37 especies, seguido de *Partamona* con 17 y *Plebeia* con 13 (Fig. 16.1A). Los géneros de palmas con mayor número de abejas fueron *Wettinia* con 32 especies, seguido de *Attalea* con 28, *Astrocaryum* con 20 y *Bactris* con 16; los géneros con menor diversidad fueron *Aiphanes, Cocos, Elaeis* y *Roystonea* (Fig. 16.1B).

Abundancias. Todas las especies de palmas muestreadas presentaron diferentes especies de abejas meliponinas entre sus visitantes florales. La mayor abundancia se presentó en fase masculina o en las flores estaminadas en todas las especies de palmas. El número de individuos de cada especie de abeja fue muy variable en cada colecta y entre las especies de palmas (Fig. 16.2). Se presentaron especies de abejas con abundancias que oscilaron entre 1 a 250 individuos en fase masculina y entre 1 a 150 individuos en la femenina. Dado el carácter eusocial de las abejas meliponinas una inflorescencia puede ser visitada por un enjambre completo de abejas. En fase femenina las especies de palmas que presentaron una mayor tasa de visita correspondieron a los géneros *Astrocaryum,*



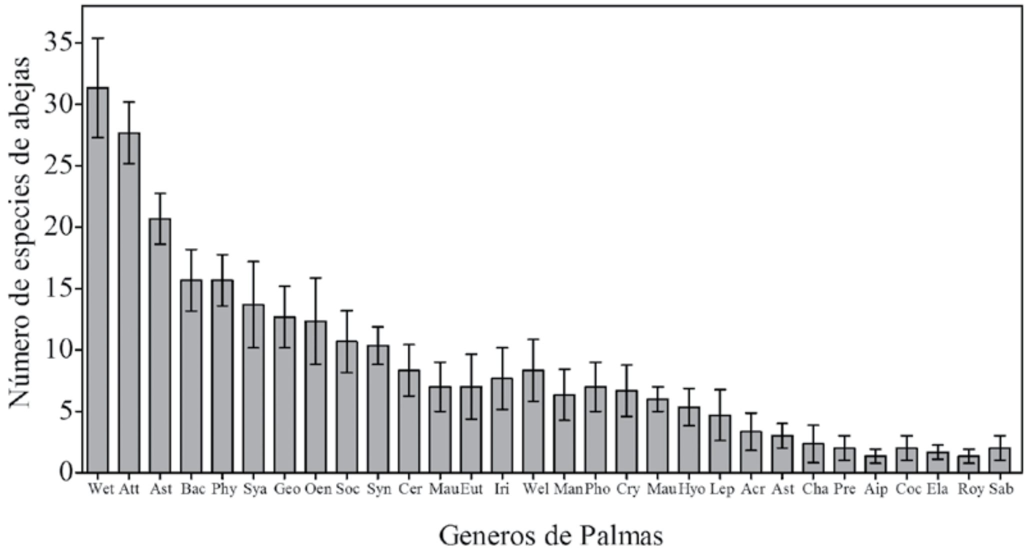


Figura 16.1. Riqueza de las abejas asociadas a inflorescencias de palmas en Colombia. A. Número de especies de abejas por géneros. Géneros de abejas indicados como: Trig-*Trigona*, Part-*Partamona*, Pleb-*Plebeia*, Scap-*Scaptotrigona*, Tetr-*Tetragona*, Nann-*Nannotrigona*, Trigc-*Trigonisca*, Oxy-*Oxytrigona*, Nog-*Nogueirapis*, Ptil-*Ptilotrigona*, Ptri-*Paratrigona*, Sca-Scaura, Trag-*Tetragonisca*. **B**. Número de especies de abejas por género de palmas presentes en Colombia Géneros de palmas indicados como: Att-*Attalea*, Ast-*Astrocaryum*, Bac-*Bactris*, Phy-*Phytelephas*, Sya-*Syagrus*, Geo-*Geonoma*, Oen-*Oenocarpus*, Soc-*Socratea*, Syn-*Synechanthus*, Cer-*Ceroxylon*, Mau-*Mauritia*, Eut-*Euterpe*, Iri-*Iriartea*, Wel-*Welfia*, Man-*Manicaria*, Pho-*Pholidostachys*, Cry-*Cryosophila*, Mau-*Mauritiella*, Hyo-*Hyospathe*, Lep-*Lepidocaryum*, Acr-*Acrocomia*, Ast-*Asterogyne*, Cha-*Chamaedorea*, Pre-*Prestoea*, Aip-*Aiphanes*, Coc-*Cocos*, Ela-*Elaeis*, Roy-*Roystonea*, Sab-*Sabal*.

Tabla 16.1. Especies de abejas (Apidae: Meliponini) visitantes de inflorescencias de palmas en Colombia. Reg: Región geográfica de Colombia. And: región Andina, Ama: Región Amazónica, Ori: región Orinoquia, Pac: región Pacífica.

No	Especie de Abeja	Especie de Palma	Región
1	*Nannotrigona melanocera*	*Attalea butyracea, Attalea insignis, Attalea maripa, Euterpe precatoria, Iriartea deltoidea, Syagrus orinocensis, Wettinia praemorsa*	Amz, Ori, Pac
2	*Nannotrigona mellaria*	*Bactris guineensis, Bactris pilosa Cryosophila kalbreyeri Sabal mauritiiformis, Prestoea ensiformis*	And, Car, Pac
3	*Nannotrigona* sp.1	*Attalea butyracea, Attalea insignis*	Ori
4	*Nanotrigona* sp.2	*Bactris corossilla*	Pac
5	*Nannotrigona* sp.3	*Geonoma undata*	And
6	*Nogueirapis butteli*	*Phytelephas macrocarpa, Phytelephas tenuicaulis, Socratea hecatonandra*	Amz, Pac
7	*Nogueirapis mirandula*	*Attalea allenii, Attalea cuatrecasana, Manicaria saccifera, Mauritiella armata, Prestoea decurrens, Pholidostachys dactyloides, Synechanthus warscewiczianus, Welfia regia, Wettinia aqualis, Wettinia maynensis*	Amz, Ori, Pac
8	*Oxytrigona daemoniaca*	*Bactris guineensis, Cryosophila kalbreyeri, Oenocarpus bataua, Sabal mauritiiformis*	Amz, Ori, Pac
9	*Oxytrigona tataira*	*Phytelephas macrocarpa, Phytelephas tenuicaulis*	Amz, Pac
10	*Paratrigona eutaeniata*	*Ceroxylon alpinum, Ceroxylon sasaimae, Geonoma orbignyana, Geonoma undata, Prestoea acuminata, Wettinia fascicularis, Wettinia kalbreyeri*	And
11	*Partamona aequatoriana*	*Astrocaryum standleyanum, Socratea exorrhiza, Synechanthus warscewiczianus, Wettinia quinaria*	Ori, Pac
12	*Partamona auripennis*	*Roystonea oleracea, Wettinia praemorsa*	Ori
13	*Partamona cupira*	*Astrocaryum standleyanum*	Pac
14	*Partamona epiphytophila*	*Astrocaryum standleyanum, Attalea allenii, Attalea cuatrecasana, Manicaria saccifera, Wettinia quinaria*	Pac
15	*Partamona peckolti*	*Cocos nucifera, Euterpe precatoria, Iriartea deltoidea, Syagrus orinocensis, Syagrus sancona*	Ori, Pac Amz
16	*Partamona testacea*	*Attalea amigdalina, Attalea cohune, Attalea nucifera*	Pac
17	*Partamona* sp.1	*Attalea maripa, Euterpe precatoria, Iriartea deltoidea, Mauritia flexuosa, Oenocarpus bataua, Oenocarpus minor, Syagrus orinocensi, Syagrus sancona*	Amz, Ori, Pac
18	*Partamona* sp.2	*Attalea butyracea, Hyospathe elegans, Oenocarpus minor, Phytelephas macrocarpa, Phytelephas tenuicaulis*	Amz, Ori, Pac
19	*Partamona* sp.3	*Astrocaryum ferrugineum, Astrocaryum gynacanthum, Astrocaryum jauari, Attalea nucifera*	Amz, Ori
20	*Partamona* sp.4	*Astrocaryum chambira, Attalea cohune, Attalea microcarpa, Geonoma calyptrogynoidea, Geonoma laxiflora, Lepidocaryum tenue, Wettinia drudei*	Amz, Ori, Pac

No	Especie de Abeja	Especie de Palma	Región
21	*Partamona* sp.5	*Attalea phalerata*	Amz
22	*Partamona* sp.6	*Chamaedorea linearis*	And
23	*Plebeia* aff. *minima*	*Mauritiella armata, Prestoea decurrens*	Amz, Ori, Pac
24	*Plebeia* aff. *timida*	*Attalea butyracea, Attalea maripa, Mauritia flexuosa, Oenocarpus bataua.*	Amz, Ori, Pac
25	*Plebeia latitarsis*	*Attalea allenii, Attalea cuatrecasana, Mauritiella armata, Manicaria saccifera, Prestoea decurrens, Wettinia quinaria*	Amz, Ori Pac
26	*Plebeia* sp.1	*Astrocaryum ferrugineum, Astrocaryum gynacanthum, Astrocaryum jauari, Attalea maripa, Attalea microcarpa, Bactris corossilla, Bactris major, Bactris maraja, Geonoma laxiflora, Hyospathe elegans, Lepidocaryum tenue, Mauritia flexuosa, Oenocarpus vacaba, Oenocarpus balickii, Oenocarpus bataua, Oenocarpus minor, Wettinia drudei, Wettinia maynensis*	Amz, Ori, Pac
27	*Plebeia* sp.2	*Attalea microcarpa, Geonoma laxiflora, Hyospathe elegans, Lepidocaryum tenue, Mauritia flexuosa, Oenocarpus bataua, Oenocarpus minor, Wettinia drudei*	Amz, Ori Pac
28	*Plebeia* sp.4	*Mauritia flexuosa*	Amz, Ori
29	*Plebeia* sp.5	*Bactris coloradonis, Bactris gasipaes, Bactris hirta, Bactris hondurencis, Bactris simplisifrons, Geonoma cuneata, Geonoma interrupta*	Amz, Pac
30	*Plebeia* sp.6	*Astrocaryum ferrugineum, Astrocaryum gynacanthum, Astrocaryum jauari, Asterogyne martiana, Wettinia maynensis.*	Amz, Ori Pac
31	*Plebeia* sp.7	*Wettinia maynensis*	Amz
32	*Plebeia* sp.8	*Lepidocaryum tenue*	
33	*Ptilotrigona lurida*	*Acrocomia aculeata, Wettinia quinaria*	Ama
34	*Scaptotrigona pectoralis*	*Astrocaryum jauari*	Amz, Ori
35	*Scaptotrigona epistomalis*	*Bactris corossilla, Bactris major, Bactris maraja, Iriartea deltoidea*	Amz, Ori Pac
36	*Scaptotrigona* sp.1	*Attalea insignis, Ceroxylon quindiuense, Ceroxylon sasaimae, Oenocarpus bataua, Prestoea ensiformis, Syagrus orinocensis, Syagrus sancona*	And, Amz, Ori, Pac
37	*Scaptotrigona* sp.2	*Bactris pilosa, Cryosophila kalbreyeri, Sabal mauritiiformis, Syagrus orinocensis, Syagrus sancona, Wettinia drudei*	Amz, Car Pac, Ori
38	*Scaptotrigona* sp.3	*Bactris corossilla, Bactris major, Bactris maraja*	Amz, Ori, Pac
39	*Scaptotrigona* sp.4	*Wettinia praemorsa*	Ori
40	*Scaptotrigona* sp.5	*Acrocomia aculeata*	Ori
41	*Scaptotrigona* sp.6	*Bactris guineensis*	Pac
42	*Tetragona dissecta*	*Euterpe precatoria, Iriartea deltoidea.*	Amz, Ori, Pac,

No	Especie de Abeja	Especie de Palma	Región
43	*Tetragona* sp.1	*Astrocaryum malybo*	Pac
44	*Tetragona* sp.2	*Astrocaryum chambira*	Amz, Ori
45	*Tetragona* sp.3	*Attalea microcarpa*	Amz
46	*Tetragona* sp.4	*Astrocaryum ferrugineum, Astrocaryum gynacanthum, Astrocaryum jauari,*	Amz, Ori
47	*Tetragona* sp.5	*Hyospathe elegans, Wettinia drudei*	Amz, Pac
48	*Tetragona* sp.6	*Wettinia drudei*	Amz
49	*Trigona (Tetragona) perangulata*	*Astrocaryum malybo*	Pac
50	*Trigona (Tetragonisca) angustula*	*Euterpe precatoria, Iriartea deltoidea, Roystonea oleracea, Syagrus orinocensis, Syagrus sancona, Wettinia praemorsa, Astrocaryum malybo*	Ori, Pac, Amz
51	*Trigona (Trigona) amalthea*	*Acrocomia aculeata, Attalea amigdalina, Asterogyne martiana, Attalea butyracea, Attalea insignis, Attalea maripa, Bactris coloradonis, Bactris corossilla, Bactris gasipaes, Bactris hirta, Bactris hondurensis, Bactris major, Bactris maraja, Euterpe precatoria, Geonoma cuneata, Geonoma interrupta, Geonoma stricta, Mauritia flexuosa, Phytelephas macrocarpa, Phytelephas tenuicaulis, Roystonea oleracea, Socratea exorrhiza, Socratea hecatonandra, Syagrus orinocensis, Syagrus sancona, Wettinia maynensis, Wettinia praemorsa*	Amz, Pac, Ori
52	*Trigona* aff. *corvina*	*Phytelephas macrocarpa, Socratea hecatonandra*	Amz, Pac
53	*Trigona branneri*	*Phytelephas macrocarpa, Socratea hecatonandra, Synechanthus warscewiczianus*	Amz, Pac
54	*Trigona chanchamayoensis*	*Phytelephas macrocarpa*	Amz, Pac
55	*Trigona cilipes*	*Aiphanes horrida, Euterpe precatoria, Wettinia praemorsa*	Ori, Pac, Amz
56	*Trigona ferricauda*	*Attalea allenii, Attalea cuatrecasana, Manicaria saccifera, Pholidostachys dactyloides, Phytelephas macrocarpa, Phytelephas tenuicaulis, Socratea hecatonandra, Welfia regia, Wettinia aqualis, Wettinia quinaria, Wettinia radiata*	Amz, Pac
57	*Trigona fulviventris*	*Asterogyne martiana, Astrocaryum malybo, Attalea allenii, Attalea amigdalina, Attalea cohune, Attalea cuatrecasana, Attalea nucifera, Bactris coloradonis, Bactris guineensis, Bactris hirta, Bactris hondurensis, Bactris gasipaes, Bactris pilosa, Ceroxylon quindiuense, Ceroxylon sasaimae, Cocos nucifera, Geonoma cuneata, Geonoma interrupta, Geonoma stricta, Manicaria saccifera, Prestoea ensiformis, Pholidostachys dactyloides, Phytelephas macrocarpa, Phytelephas tenuicaulis, Sabal mauritiiformis, Socratea hecatonandra Welfia regia, Wettinia aqualis, Wettinia quinaria, Wettinia radiata*	Amz, And, Ori, Pac
58	*Trigona fuscipennis*	*Attalea butyracea, Attalea maripa*	Ori

No	Especie de Abeja	Especie de Palma	Región
59	*Trigona handlirschii*	*Ceroxylon alpinum, Ceroxylon sasaimae, Geonoma orbignyana, Geonoma undata, Prestoea acuminata, Wettinia fascicularis, Wettinia kalbreyeri*	And
60	*Trigona hyalinata*	*Cocos nucifera*	Ori
61	*Trigona nigerrima*	*Astrocaryum malybo, Phytelephas macrocarpa, Phytelephas tenuicaulis, Socratea hecatonandra*	Amz, Pac
62	*Trigona pallens*	*Astrocaryum chambira*	Amz, Ori
63	*Trigona recursa*	*Attalea cohune, Attalea nucifera, Ceroxylon alpinum, Ceroxylon quindiuense, Geonoma orbignyana, Geonoma undata, Prestoea acuminata, Wettinia fascicularis, Wettinia kalbreyeri*	And
64	*Trigona rufescens*	*Bactris gasipaes*	Amz, Ori
65	*Trigona silvestriana*	*Attalea allenii, Attalea cuatrecasana, Manicaria saccifera, Pholidostachys dactyloides, Socratea exorrhiza, Welfia regia, Wettinia aqualis, Wettinia maynensis, Wettinia quinaria, Wettinia radiata*	Amz, Ori, Pac
66	*Trigona spinipes*	*Euterpe precatoria, Iriartea deltoidea, Mauritiella armata, Prestoea decurrens, Syagrus orinocensis, Syagrus sancona*	Amz, Ori, Pac
67	*Trigona subgrisea*	*Astrocaryum malybo*	And
68	*Trigona (Trigona) pallens*	*Attalea allenii, Attalea cuatrecasana, Manicaria saccifera, Mauritiella armata, Prestoea decurrens, Pholidostachys dactyloides, Welfia regia, Wettinia aqualis, Wettinia quinaria*	Amz, Ori, Pac
69	*Trigona williana*	*Astrocaryum ferrugineum, Astrocaryum gynacanthum, Astrocaryum jauari, Attalea microcarpa, Geonoma calyptrogynoidea, Geonoma laxiflora, Hyospathe elegans, Lepidocaryum tenue, Mauritiella armata, Prestoea decurrens, Phytelephas macrocarpa, Phytelephas tenuicaulis, Socratea hecatonandra, Wettinia drudei*	Amz, Ori, Pac
70	*Trigona* sp.1	*Pholidostachys dactyloides, Syagrus orinocensis*	Pac, Ori
71	*Trigona* sp.2	*Attalea butyracea, Attalea insigni, Attalea maripa, Phytelephas macrocarpa, Phytelephas tenuicaulis*	Amz, Ori, Pac
72	*Trigona* sp.3	*Astrocaryum chambira*	Amz, Ori
73	*Trigona* sp.4	*Ceroxylon sasaimae, Prestoea carderi*	And, Pac
74	*Trigona* sp.5	*Bactris guineensis, Ceroxylon quindiuense, Elaeis oleifera*	And, Ori,
75	*Trigona* sp.6	*Ceroxylon parvifrons, Ceroxylon vogelianum, Ceroxylon ventricosum*	And
76	*Trigona* sp.7	*Chamaedorea linearis*	And
77	*Trigona* sp.8	*Mauritia flexuosa, Pholidostachys dactyloides*	Amz, Ori, Pac
78	*Trigona* sp.9	*Attalea phalerata, Geonoma orbignyana, Geonoma undata, Prestoea acuminata, Wettinia fascicularis, Wettinia kalbreyeri*	Amz

No	Especie de Abeja	Especie de Palma	Región
79	*Trigona* sp.10	*Bactris simplisifrons*	Amz
80	*Trigona* sp.11	*Prestoea carderi*	And
81	*Trigonisca dobzhanskyi*	*Attalea maripa, Syagrus orinocensis*	Ori
82	*Trigonisca* sp.1	*Mauritia flexuosa, Oenocarpus bacaba, Oenocarpus balickii, Oenocarpus minor, Phytelephas macrocarpa, Syagrus orinocensis, Synechanthus warscewiczianus*	Amz, Pac, Ori
83	*Trigonisca* sp.2	*Oenocarpus bacaba, Oenocarpus bataua, Phytelephas macrocarpa, Welfia regia, Wettinia aqualis*	Amz, Ori, Pac
84	*Trigonisca* sp.3	*Ceroxylon sasaimae, Ceroxylon quindiuense*	And
85	*Trigonisca* sp.4	*Bactris guineensis, Bactris pilosa, Cryosophila kalbreyeri*	Pac
86	*Trigona* sp.5	*Bactris pilosa, Prestoea ensiformis, Sabal mauritiiformis*	Pac And Car
87	*Trigonisca* sp. nov.	*Synechanthus warscewiczianus*	Pac
88	*Trigona* sp. nov.	*Astrocaryum standleyanum, Synechanthus warscewiczianus*	Pac
89	*Nannotrigona* sp.4	*Geonoma orbignyana, Prestoea acuminata, Wettinia fascicularis, Wettinia kalbreyeri*	And
90	*Oxytrigona mellicolor*	*Mauritia flexuosa, Oenocarpus bataua*	Amz, Ori, Pac
91	*Oxytrigona* sp.1	*Oenocarpus vacaba, Oenocarpus balickii, Oenocarpus bataua*	Amz, Ori, Pac
92	*Plebeia* sp.3	*Oenocarpus vacaba, Oenocarpus balickii, Oenocarpus bataua, Oenocarpus minor*	Amz, Ori, Pac
93	*Melipona gr. fasciata*	*Phytelephas macrocarpa, Phytelephas tenuicaulis, Socratea hecatonandra*	Amz, Pac
94	*Plebeia (Scaura)*	*Syagrus orinocensis*	Ori
95	*Tetragona dorsalis*	*Synechanthus warscewiczianus*	Pac
96	*Ptilotrigona lurida mocsaryi*	*Synechanthus warscewiczianus*	Pac
97	*Oxytrigona obscura*	*Wettinia maynensis*	Amz

Attalea, Cocos, Euterpe, Geonoma, Iriartea, Hyospate, Prestoea, Sabal y *Syagrus* (Fig. 16.2). No se presentó estacionalidad en los casos donde se evaluó la variación temporal de las abejas: *Nannotrigona mellaria* y *Oxytrigona daemoniaca* asociadas a *Sabal mauritiiformis*, *Nogueirapis mirandula* asociada a *Wettinia quinaria*, *Paratrigona eutaenianata* a *Ceroxylon sasaimae*, y *Plebeia minima* asociada a *Prestoea decurrens*, en todos los casos y para cada especie de abeja se les encontró visitando las inflorescencias a lo largo del año o durante el tiempo que duró el ciclo reproductivo de cada palma (Fig. 16.3).

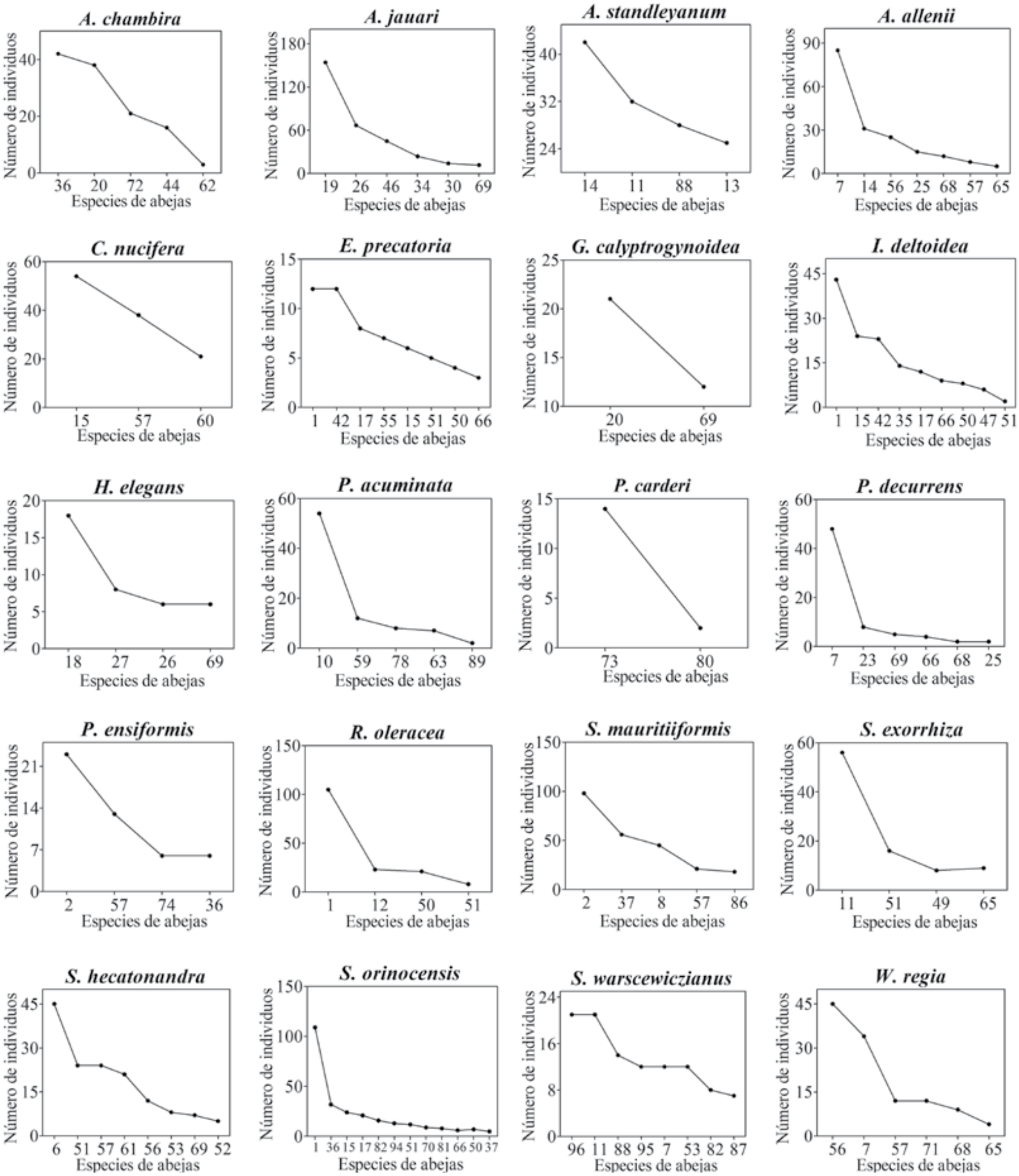


Figura 16.2. Rango-abundancia de las especies de abejas (en fase femenina) con participación en la polinización de especies de palmas silvestres en Colombia.

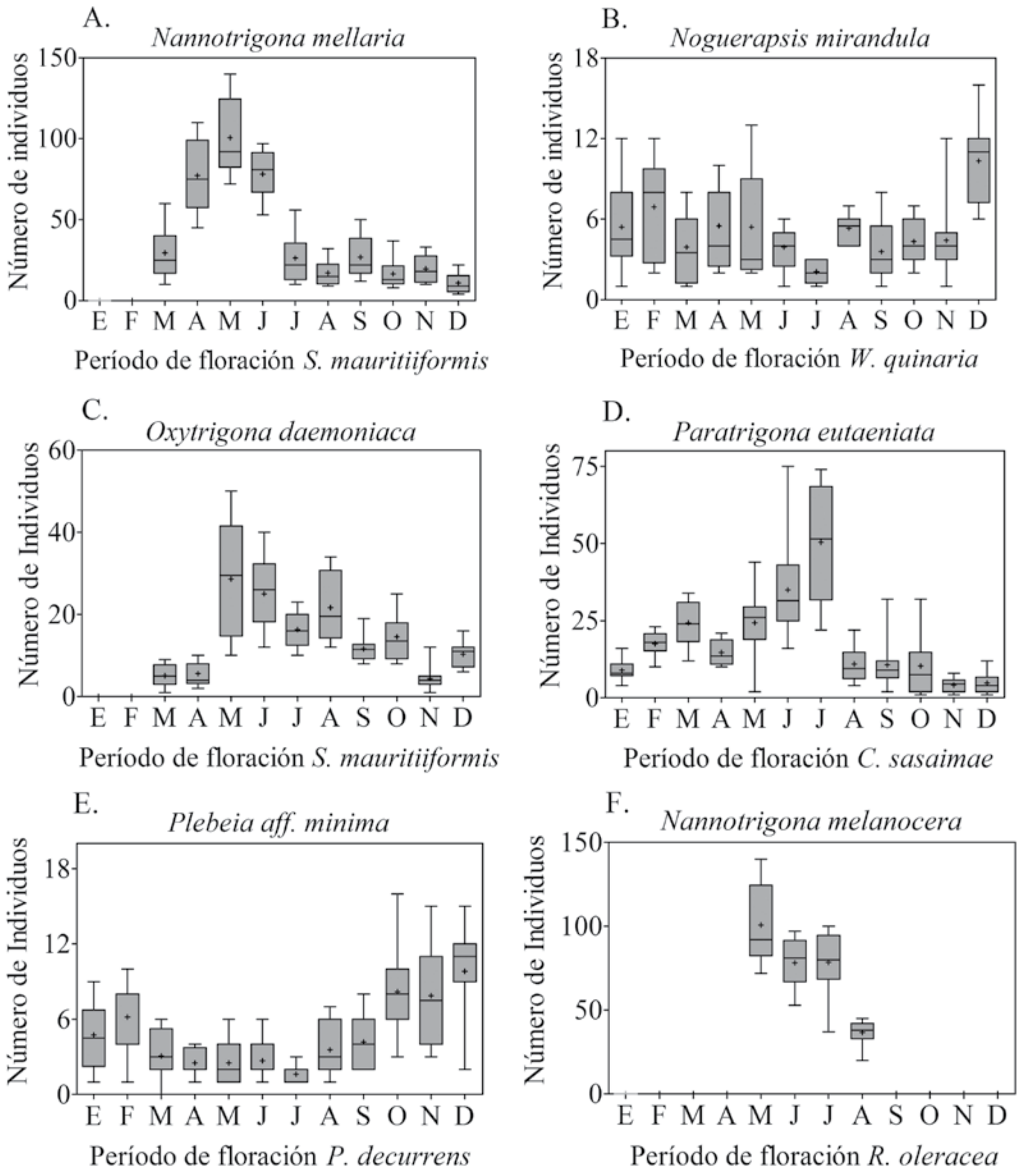


Figura 16.3. Variación temporal de especies seleccionadas de abejas. A. *Nannotrigona mellaria*, B. *Nogueirapis mirandula*, C. *Oxytrigona daemoniaca*, D. *Paratrigona eutaenianata*, E. *Plebeia minima* y F. *Nannotrigona melanocera*

Comportamiento. Todas las especies de abejas presentan un patrón de comportamiento similar; son los visitantes más conspicuos se observan fácilmente ya que permanecen en la parte externa de la inflorescencia (Fig.16.4). Acceden a las inflorescencias a lo largo del día y la visita o llegada a las inflorescencias inició poco depués del amanecer y la abandona al final de la tarde. Sin embargo, la mayor actividad y número de individuos se presenta cuando las flores masculinas comienzan a caer (Fig. 16.4 A-B), debido a que el polen en ese momento se encuentra más expuesto o porque hay mayor acceso

a las flores antes cubiertas por los pétalos o la bráctea peduncular. Es frecuente que al inicio de la floración no puedan acceder al polen y deban esperar que otros insectos faciliten su acceso (Fig. 16.4C-G).

Aunque en la mayoría de las especies de palmas el acceso a las flores es total, especies de palmas de los géneros *Attalea, Manicaria, Pholidostachys* y *Chryosophila* las inflorescencias permanecieron parcial o totalmente cubiertas, lo que impidió o limitó el acceso a las flores, tanto para la colecta de polen como el posible traspaso a los estigmas. Por lo general, a las abejas se les observó sobrevolando las inflorescencias y, paulatinamente, se concentraron en el área donde se encuentra el polen, el cual colectan y ubican en sus corbículas (Fig. 16.4 F-J). En todos los casos, las especies de abejas siempre buscaron las flores masculinas con polen de tal manera que el contacto con las femeninas fue ocasional en un gran número de especies de palmas. Generalmente las abejas que visitaron las flores femeninas lo hacían porque éstas presentan néctar como recompensa. En estos casos se observó claramente el contacto con los estigmas con lo cual la probabilidad de dejar gran cantidad de polen es alta y con ello la polinización es efectiva (Fig. 16.4H-J). Sin embargo, fue notoria la disminución en abundancia y diversidad de abejas en fase femenina en la mayoría de las palmas evaluadas.

Papel en la polinización. A pesar que las especies de abejas sin aguijón fueron los insectos más conspicuos, que son los visitantes de mayor tamaño, que llegan en un gran número de especies de palmas, que transportan alto número de granos de polen; los resultados muestran que, en la mayoría de los casos, no todas sus especies participan en la polinización y que cuando lo hacen tienen un rol secundario o eventual. Pocas especies de abejas visitaron las palmas en fase femenina, entraron en contacto con estigmas y depositaron el polen debido principalmente por restricciones morfológicas, temporales (antesis nocturna), separación temporal (dicogamia) o por bajas abundancias en la fase femenina. La participación de especies de abejas en el flujo de polen en cada palma presentó valores muy bajos, tanto en el índice de valor de importancia como polinizador (IVIP), como en el porcentaje o la importancia relativa como polinizador (IRP), tan sólo se encontraron valores altos en *Syagrus orinocensis* y *Sabal mauritiiformis* en lo que las abejas transportan y vierten el 88% y 90 % en cada especie (Tabla 16.1).

Asociación palmas y abejas. La asociación de las especies de abejas con las inflorescencias de palmas observadas a través de la red compleja, muestra el carácter generalista de las especies de abejas, ya que la mayoría de meliponinas se asocian con diferentes especies de palmas (Fig.16.5). La topología de la red es diferencial entre las fases masculina y femenina se presentaron mayor número de enlaces en las flores masculinas que producen polen que las femeninas que en la mayoría de los casos no producen recompensa floral. De igual manera la mayor diversidad, el mayor número de número de enlaces y el número medio de interacciones por inflorescencia se presenta en las inflorescencias masculinas y disminuye sustancialmente en la fase femenina o en las inflorescencias pistiladas (Tabla 16.2). En consecuencia, no todas las especies de abejas visitan todas las especies de palmas, lo que se evidencia porque las 97 especies de abejas registradas y

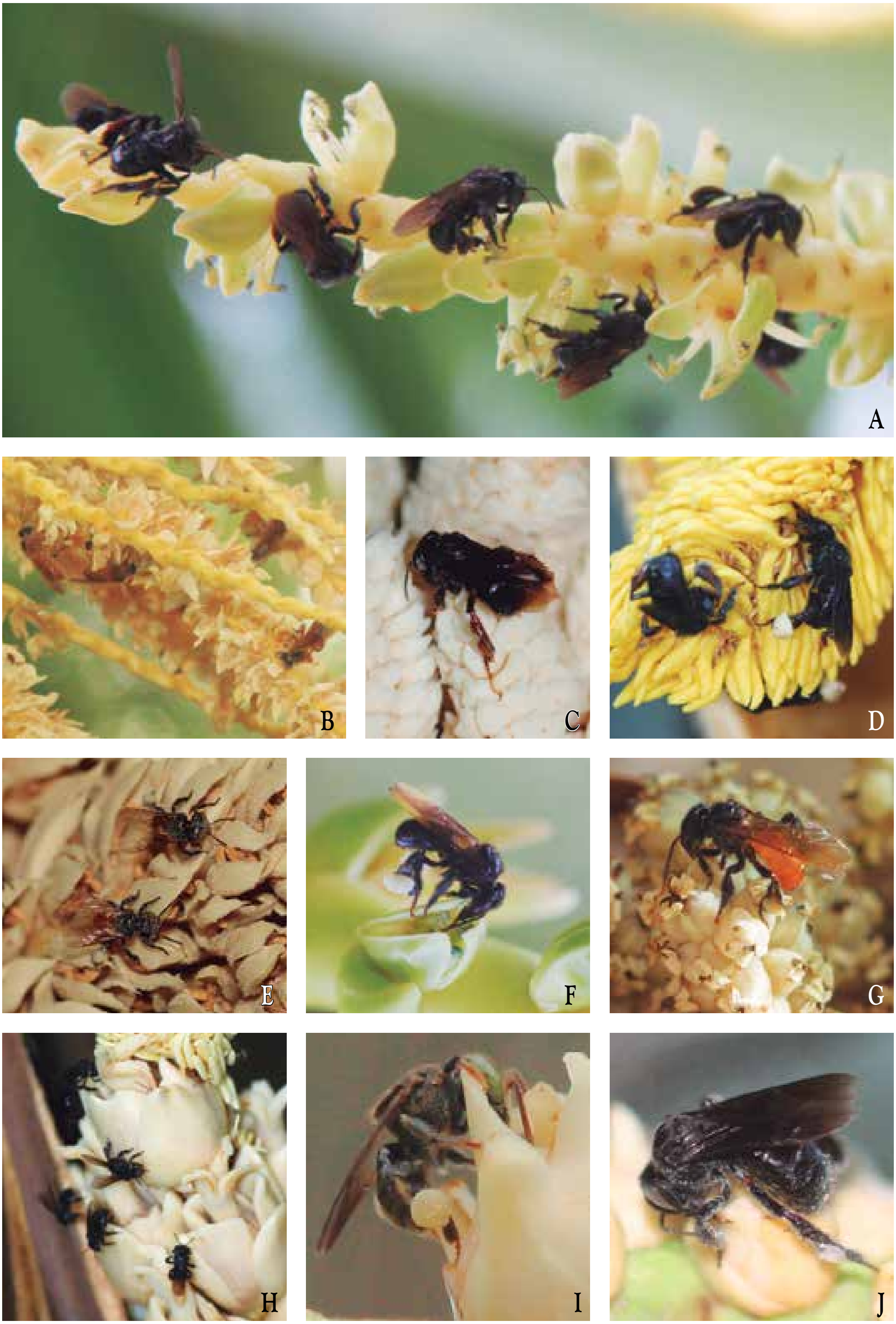


Figura 16.4. Abejas en diferentes fases flores de especies de palmas. A-H Fase masculina, I-J. Fase femenina.

una matriz (PxA) máxima posible de 7.857 enlaces, tan sólo se registraron 407 enlaces en fase masculina (A_m) y tan sólo 156 en femenina (A_f) (Tabla 16.3). Esto indica que se puede presentar cierta preferencia por especies o grupos o palmas en particular. La preferencia de cada abeja por una palma en particular se confirma con el bajo valor en el número medio de interacciones por polinizador, que fue de tan sólo 0,57, en fase masculina y 0,19 en la femenina. Las especies de abejas que presentaron mayor asociación evidenciada en los enlaces de la red fueron *Trigona fulviventris* que visitó 32 especies de palmas, *Trigona amalthea* encontrada en 29 especies, *Plebaeia* sp. 1 en 18 especies y *Trigona ferricauda* en 11 especies de palmas.

DISCUSIÓN

Los resultados de este estudio indican que las inflorescencias de palmas son un recurso importante con que cuentan las abejas meliponinas para su supervivencia, y se evidencia en la alta riqueza, en la abundancia y la fuerte asociación encontrada; asociación que surge por la gran cantidad de polen que de manera continua obtienen de grandes, numerosas y de fácil acceso inflorescencias. Estos resultados concuerdan con el patrón general de diversidad de visitantes florales de palmas, en donde se ha indicado que cada inflorescencia está íntimamente relacionada con la vida de abundantes y diversos insectos, proporcionándoles recursos esenciales para su supervivencia (Henderson, 1986; Silberbauer-Gottsberger, 1990; Barfod *et al.,* 2011; Núñez y Carreño, 2013; Núñez *et al.,* 2015).

La importancia de la producción de gran cantidad de polen en palmas, ha sido un tema de constante debate, por una parte se asume que la mayoría de especies de palmas producen grandes cantidades de polen con el objeto de atraer y saciar gran número de insectos tanto generalistas como especialistas (Henderson, 1986; Küchmeister *et al.*,1998), por otra parte, la gran cantidad de polen es el producto de la íntima asociación con polinizadores especializados que viven en las inflorescencias y que dependen de la gran cantidad de polen para alimentar la alta abundancia de insectos asociados a cada inflorescencia (Núñez y Carreño, 2013; Núñez *et al.,* 2015).

En consecuencia, el resultado de producir gran cantidad de polen de libre acceso, hacen del polen de palmas es una fuente importante de alimento para insectos incluyendo gran número en abundancia y diversidad de abejas que aceden ha el constantemente. Atraer y saciar gran cantidad de insectos en cada especie de palma asegura polinizadores, incrementa la fidelidad, la constancia y minimiza el flujo de polen heteroespecífico que puede ocurrir entre especies coexistentes (Núñez y Carreño, 2013; Núñez, 2014; Núñez *et al.,* 2015). La producción a lo largo del año de grandes inflorescencias, con gran cantidad de polen, hace de las palmas un recurso inagotable para gran cantidad de insectos que visitan sus inflorescencias y los resultados muestran que de hecho así sucede; las especies de palmas que más recibieron visita de abejas contienen las inflorescencias más grandes y las que florecen todo el año, corresponden a especies de los géneros como *Phytelephas, Wettinia, Attalea, Astrocaryum, Sabal*, *Iriartea* y *Bactris* (Tabla 16.1).

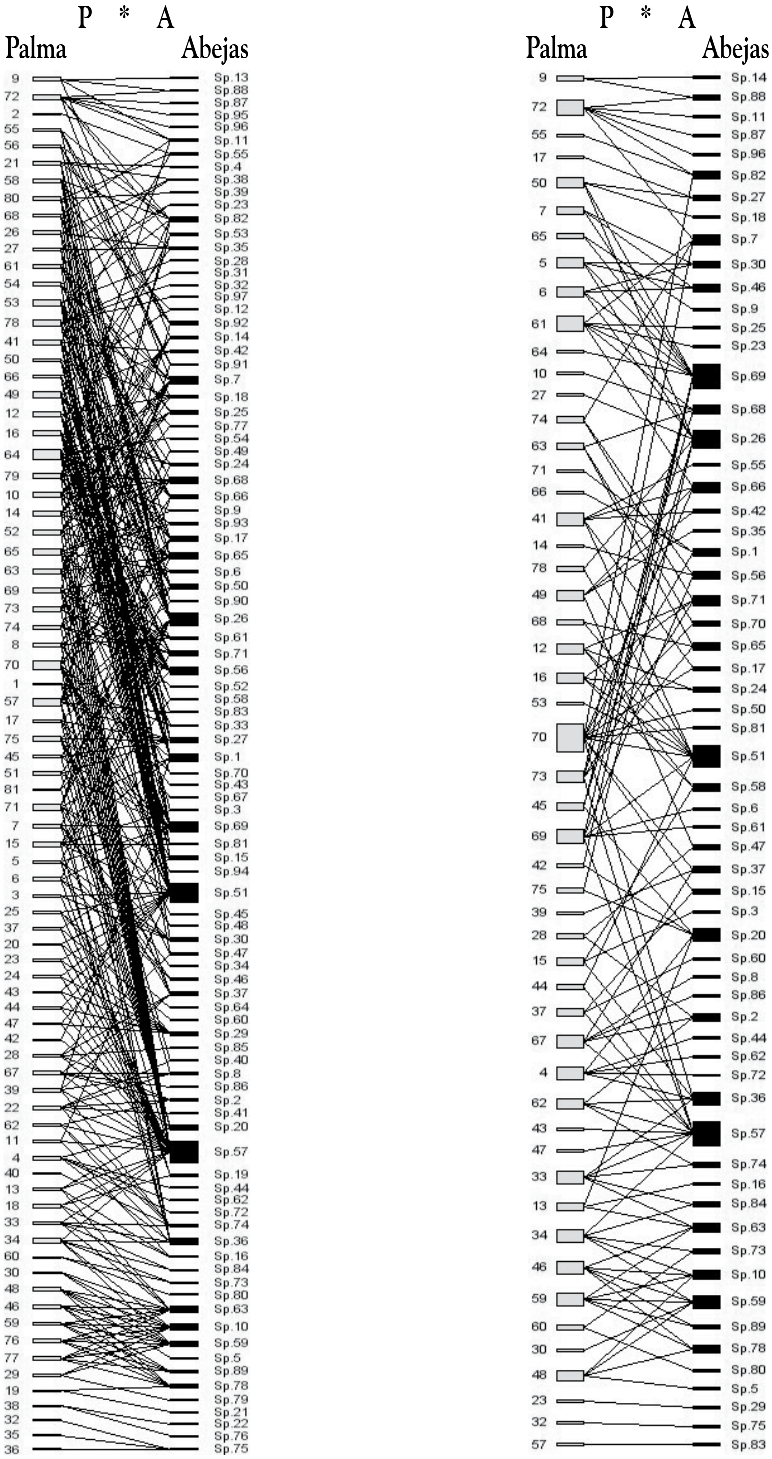


Figura 16.5. Red bipartita para 81 especies de palmas silvestres y abejas Meliponini asociadas. Las especies de palmas y abejas se representan por rectángulos y la interacción se representa por una línea que las conecta. A. Red de interacción en fase masculina, B. Red de interacción en fase femenina

Debido a que todas las especies de palmas recibieron abejas como visitantes y que hasta 15 especies de abejas acceden a las inflorescencias en busca de polen, e independientemente de su papel como polinizadores nos permiten establecer que los meliponinos se han convertido en uno de los grupos visitantes más importantes dentro de la comunidad de insectos de las inflorescencias de palmas silvestres. De acuerdo a Núñez (2014) quien analizó la diversidad de todos los visitantes de las inflorescencias de las 81 especies de palmas, encontró que las 97 especies de abejas meliponinas reportadas en este estudio, correspondieron al segundo grupo de insectos más diversos que visitan flores de palmas, después de las 486 especies de gorgojos (Curculionidae: Coleoptera) y por encima de las 74 especies de *Mystrops* (Nitidulidae: Coleoptera) y de las 25 especies de *Cyclocephala* (Dynastidae: Coleoptera).

Las 97 especies de abejas reportadas en este estudio, corresponden al 70% de las 120 descritas en14 géneros reportadas para Colombia por Nates-Parra (2006). Estos resultados indican la fuerte asociación, pero quizás un aspecto a resaltar aquí es la confirmación del papel de las palmas silvestres como soporte de la diversidad al punto de ser consideradas especies sombrilla en los ecosistemas tropicales por la asociación con gran cantidad de especies animales incluyendo el hombre (Bernal y Galeano, 2013). Al parecer la asociación entre las especies de abejas y las palmas silvestres es un buen ejemplo para confirmar dicha importancia. Estos resultados de oferta y aprovechamiento resultado de la asociación muestran un gran potencial de aprovechamiento y permiten sugerir a las palmas como una importante fuente de polen, tan necesaria en la apicultura y creciente meliponicultura.

La mayor diversidad de abejas asociadas a las especies de palmas perteneció a especies del género *Trigona,* con lo cual las convierte en el grupo de abejas más importantes y potenciales polinizadores de palmas simpátricas en las diferentes regiones. Por ejemplo, *T. fulviventris* frecuente visitante de un alto número de especies en la región andina, *T. amalthea* en la Orinoquia y *T. ferricauda* en la región del Pacífico. Estos resultados concuerdan con estudios sobre abejas meliponinas en donde este grupo es el más diverso y con más amplia distribución en el país (Smith-Pardo y González, 2007; Nates-Parra *et al.,* 2008). En Colombia se han registrado 38 especies de este género con el mayor número de especies registradas en las regiones Andina y Orinoquia (Nates-Parra, 2006).

La fuerte asociación indicada y expresada en acceso y aprovechamiento de la recompensa floral no se ve expresada en una fuerte y constante participación como polinizadores. Los resultados son concluyentes, ya que no reflejan la ocurrencia de un beneficio mutuo de las abejas con las palmas en todos los casos, por la cual se puede aseverar que la participación de las abejas en la polinización de palmas silvestres es diferencial y no todas las especies de palmas son polinizadas eficientemente (Tabla 16.2). Por lo tanto, el acceso a las inflorescencias no implica necesariamente la participación directa en la polinización y aunque las abejas son visitantes frecuentes y abundantes para diferentes especies de palmas no todas las palmas visitadas por abejas presentan melitofilia, ni todas las especies de abejas que visitan las flores de palmas son importantes en la polinización.

Tabla 16. 2. Eficiencia de algunas especies abejas en la polinización de especies de palmas en Colombia. A-abundancia en fase femenina, CPB-polen fases femeninas IVIP-índice de valor de importancia insecto como polinizador, IRIP-Importancia relativa insecto como polinizador

Palma	Insectos visitantes	AB	CPF	IVIP	IRP (%)
	Nannotrigona melanocera	15	359	5385	20.2
	Partamona peckolti	13	258	3354	12.5
	Trigona spinipes	12	569	6828	25.6
	Tetragonisca angustula	19	358	6802	25.5
	Trigona (Trigona) amalthea	5	258	640	2.4
	Scaura latitarsis	5	200	500	1.8
	Trigonisca cf. *dobzhanskyi*	4	100	400	1.5
Syagrus orinocensis	*Scaptotrigona* sp.1	3	125	375	1.4
Total					88%
	Nannotrigona mellaria	55	359	5385	20.2
	Oxytrigona daemoniaca	32	258	3354	12.5
	Scaptotrigona sp.2	10	569	6828	25.6
	Trigona fulviventris	9	358	6802	25.5
Sabal mauritiiformis	*Trigonisca* sp.5	5	258	640	2.4
Total					93%
	Trigona amalthea	76	3456	13371840	3.2
	Oxytrigona sp.1	93	456	27846153	0.04
	Plebeia aff. *timida*	48	678	11256537	0.02
	Plebeia sp.2	18	657	361317	0,0047
	Plebeia sp.3	25	152	128250	0.000001
Mauritia flexuosa	*Trigonisca* sp.1	20	432	3468.4	0.000001
Total					3.8%
	Nannotrigona melanocera	56	456	371840	2.5
Attalea insignis	*Nannotrigona* sp.1	39	256	846153	1.3
	Scaptotrigona sp.1	48	678	11256537	0,8
	Trigona amalthea	18	657	361317	0.02
Total					4.6%
	Plebeia aff. timida	28	161	6153	2.0
Attalea butyracea	*Trigona amalthea*	18	78	56537	1.3
	Trigona fuscipennis	8	57	61317	0.5
Total					3.8%

Palma	Insectos visitantes	AB	CPF	IVIP	IRP (%)
Manicaria saccifera	*Trigona fulviventris*	23	669	94245	0.018
	Trigona ferricauda	12	456	16826	0.003
Total					0.021

Tabla 16.3. Índices de la red bipartita de abejas asociadas a inflorescencias de palmas en Colombia.

	Masculina	Femenina
Número de especies de Abejas (A)	97	62
Número de especies de palmas (P)	81	52
Riqueza de especies	178	114
Tamaño de la Matriz (P*A)	7857	3224
Número total de interacciones registradas	407	156
INDICES CUALITATIVOS (Presencia / Ausencia de interacciones)		
Número medio de interacciones por inflorescencia	0.57	0.192
Número medio de interacciones por Abejas	0.231	0.136
Conectancia	0.524	0.483
C-score Insectos	0.909	0.913
C-score Palmas	0.816	0.89
Grado de anidamiento	8.568	7.52
Peso de Anidamiento	0.2121	0.245

Aunque la melitofilia ha sido mencionada como uno de los tres síndromes de polinización en palmas y de hecho Henderson (1986); Silberbauer-Gottsberger (1990) y Barfod *et al.* (2011) estimaron que el 26% de las especies de palmas son polinizadas por abejas, se debe tener en cuenta que en muchas palmas el papel que cumplen las abejas como polinizadores no siempre es eficiente, a pesar de que usualmente se presenta alta diversidad, frecuencia de visita y alta abundancia de abejas (Bernal y Ervik, 1996; Consiglio *et. al.*, 2001; Núñez y Rojas, 2008; Fava *et al.*, 2011). Esto se debe a que en la familia Arecaceae existen filtros selectivos impuestos por la morfología, por los caracteres florales, por la hora de antesis, por el tipo de sistema reproductivo y por el comportamiento de los insectos que dificultan y seleccionan al polinizador o disminuyen su eficiencia como vectores de polen. Núñez (2014) plantea los requerimientos para ser considerados a la hora de evaluar la polinización tipo melitofila en palmas e incluye entre otros rasgos como: 1. Ocurrencia de acceso a las flores y contacto con estigmas, 2. Antesis diurna, 3. Recompensas de néctar en flores o fase femenina, 4. Constancia floral durante varios períodos reproductivos 5. Sincronía y simultaneidad de fases florales 6. Abundancia de abejas que puedan transferir polen al alto número de flores que produce cada inflorescencia.

Aunque las abejas sin aguijón (Apidae: Meliponini) son consideradas como uno de los grupos de polinizadores más importantes de plantas silvestres y cultivadas, debido a que visitan y polinizan las flores de una gran cantidad de familias (Roubik, 1989; Heard, 1999), en palmas no siempre la asociación o visita termina en polinización eficiente por parte de estos insectos. Es ampliamente conocido que para categorizar un visitante como polinizador éste debe cumplir varios requerimientos impuestos por la inflorescencia o la especie de palma, según sea su estrategia de reproducción. Los requerimientos incluyen entre otros: el acceso a las dos fases o tipos de inflorescencias (masculina y femenina); el transporte de polen dese la antera y luego llevar para depositar el polen al entrar en contacto con las los estigmas cuando están receptivos; las abundancias o tamaños adecuados; la constancia flor que permite estar durante las fases reproductivas, la alta frecuencia en la visita y la eficiencia al mover y depositar gran cantidad de polen ya que las palmas presentan en la mayoría de especies inflorescencias con alto número de flores (Pellmyr, 2002).

Desde el punto de vista de la importancia para las palmas, este estudio sugiere que las especies de palmas no muestran un patrón general de melitofilia, y tan sólo algunas especies de los géneros *Sabal, Geonoma, Prestoea, Butia* y *Syagrus* entre otros; dependen de manera obligada de especies de abejas meliponinas como polinizadores que permiten la producción de frutos y semillas viables. Por el contrario, desde el punto de vista de abejas, los resultados muestran de manera concluyente que, si existe un patrón de asociación importante, en el cual un gran número si no todas las especies de abejas, aprovecha el polen que las palmas ofrecen.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio hace parte de la tesis de Doctorado, Programa en Ciencias-Biología, Universidad Nacional de Colombia de L. A. Núñez. Recibimos financiación del programa marco FP-7 de la Unión Europea (Proyecto No. 21263). Agradecemos a Gloria Galeano por ayuda durante todas las fases del proyecto y la lectura crítica del documento. Agradecemos a los entomólogos especialistas de abejas G. Nates, J.M.F. Camargo, C. Rasmussen, N. Wilches, V. H. González, D. Vélez por la identificación de las especies.

REFERENCIAS

Albuquerque M, Camargo J. Espécies novas de *Trigonisca* Moure (Hymenoptera, Apidae, Apinae). Rev Bra Entomol. 2007; 51(2): 160-175.

Balslev H. Palm harvest impacts in north-western South America. The Bot Rev. 2011; 77: 370-380;

Barfod S, Hagen M, Borchsenius F. Twenty-five years of progress in understanding pollination mechanisms in palms (Arecaceae). Ann Bot. 2011; 108: 1503-1516.

Bernal R, Ervik F. Floral biology and pollination of the dioecious palm *Phytelephas seemannii* in Colombia: An adaptation to staphylinid beetles. Biotropica 1996; 28: 682-696.

Bernal R, Torres C, García N, Isaza C, Navarro J, Vallejo M, Galeano G, Balslev H. Palm management in South America. Bot Rev. 2011; 77: 607-646.

Bernal R, Galeano G. Cosecha sin destruir-Aprovechamiento sostenible de palmas colombianas. Facultad de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá; 2013. 358p.

Camargo J, Pedro R. Systematics, phylogeny and biogeography of the Meliponinae (Hymenoptera, Apidae): a mini review. Apidologie 1992; 23: 509-522.

Camargo J, Moure J. Meliponinae neotropicais. Os géneros *Paratrigona* Schwarz, 1938 e *Aparatrigona* Moure, 1951. Arquivos de Zoologia (São Paulo). 1994; 32: 33-109.

Camargo J, Moure J. Meliponini neotropicais. O género *Geotrigona* Moure, 1943 (Apinae, Apidae, Hymenoptera) com especial referência a filogenia e biogeografia. Arquivos de Zoologia (São Paulo). 1996; 33:95-161.

Consiglio TK, Bourne GR. Pollination and breeding system of a neotropical palm *Astrocaryum vulgare* in Guyana: a test of the predictability of syndromes. J Trop Ecol. 2001; 17: 577-592.

Dormann C, Frund J, Blutgeb N, Gruber B. Indices, graphs and null models: analyzing bipartite ecological networks. The Open Ecology Journal 2009; 2: 7-24.

Fava W, Covre W, Sigrist M. *Attalea phalerata* and *Bactris glaucescens* (Arecaceae, Arecoideae): Phenology and pollination ecology in the Pantanal, Brazil. Flora. 2011; 206: 575-584.

Galeano G, Bernal R. Palmas de Colombia. Guía de Campo. Editorial Universidad Nacional de Colombia. Instituto de Ciencias Naturales, Facultad de Ciencias-Universidad Nacional de Colombia, Bogotá; 2010. 688p.

Guimarães PR, Machado G, De Aguiar MAM, Jordano P, Bascompte J, Pinheiro A, Dos Reis S F. Build-up mechanisms determining the topology of mutualistic networks. J Theor Biol. 2007; 249: 181-189.

Heard TA. The role of stingless bees in crop pollination. Annu Rev Entomol. 1999; 44: 183-206.

Henderson A. A review of pollination studies in the Palmae. Bot Rev. 1986; 52: 221-259.

Henderson A, Galeano G, Bernal R. Field guide to the palms of the Americas. Princeton Univesity Press, Princeton, New Jersey; 1995; 854p.

Henderson A. Evolution and ecology of palms. The New York Botanical Garden Press, New York; 2002.

Küchmeister H, Gottsberger G, Silberbauer-Gottsberger I. A polinização e sau relação com a termogênese em espécies de Arecaceae da Amazônia Central. Acta Amazonica 1998; 28:217-245.

Listabarth C. Pollination in *Geonoma macrostachys* and three congeners, *G. acaulis*, *G. gracilis* and *G. interrupta*. Bot Act. 1993; 106: 496-506.

Macia MJ, Armesilla PJ, Cámara R, Paniagua N, Villalba S, Balslev H, De Santayana PM. Palm uses in northwestern South America: a quantitative review. Bot Rev. 2011; 77: 462-570.

Michener D. The bees of the world. Estados Unidos, The Johns Hopkins University Press. 2007. 913p.

Nates-Parra G. Abejas sin aguijón (Hymenoptera: Meliponinae) de Colombia. En: Amat G; Andrade G; Fernández F. (eds). Insectos de Colombia: Estudios escogidos. Bogotá, Colombia: Universidad Javeriana y Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, 1996; p.181-268.

Nates-Parra G. Abejas corbiculadas de Colombia (Hymenoptera: Apidae). Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia, 2001; 156p.

Nates-Parra G, Rodríguez-C Á, Vélez ED. Abejas sin aguijón (Hymenoptera: Apidae: Meliponini) en cementerios de la Cordillera Oriental de Colombia. Acta Biolo Colomb 2006; 11(1): 25-35.

Nates-Parra G, Lugo JS, Rosso JM, Cepeda M. La meliponicultura en Colombia: Diagnóstico de una actividad lúdica y productiva. En: Nates-Parra G., Montoya P M, J Chamorro (eds). Memorias IV Encuentro Colombiano sobre Abejas Silvestres. Laboratorio de Investigación en Abejas LABUN, Universidad Nacional de Colombia, 2008; 71p.

Núñez LA, Bernal R, Knudsen J. Diurnal palm pollination by mystropine beetles: is it weather-related? Plant Syst Evol. 2005; 208:187-196;

Núñez LA, Rojas R. Biología reproductiva y ecología de la polinización de las palmas milpesos *Oenocarpus bataua* en los Andes colombianos. Caldasia 2008; 30(1): 101-125.

Núñez LA, Carreño J. Biología reproductiva de *Mauritia flexusosa* en Casanare, Orinoquia colombiana. Pp.450. En: VII: Morichales y Cananguchales de la Orinoquia y Amazonia (Colombia-Venezuela). Lasso C A, Rial A, González V. (Eds.). Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá D.C. Colombia. 2013; 344p.

Núñez LA. Patrones de asociación entre insectos polinizadores y palmas silvestres en Colombia con énfasis en palmas de importancia económica. Tesis de doctorado. Instituto de Ciencias Naturales; Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá; 2014; 348p.

Núñez LA, Isaza C, Galeano G. Ecología de la polinización de tres especies de *Oenocarpus* (Arecaceae) simpátricas en la Amazonia Colombiana. Int. J. Trop.Biol. 2015; 63(1): 35-55

Pellmyr O. Pollination by animals. In: Herrera CM, Pellmyr O, eds. Plant–animal interactions: an evolutionary approach. Oxford: Blackwell Science Publishing p. 2002; 157-184.

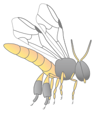
Rasmussen C, Camargo JA. Molecular phylogeny and the evolution of nest architecture and behavior in *Trigona* s.s. (Hymenoptera: Apidae: Meliponini). Apidologie 2008; 39:102-118.

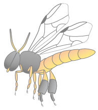
Roubik DW. Ecology and natural history of the tropical bees. Cambridge University Press, Cambridge, RU; 1989.

Silberbauer-Gottsberger I. Pollination and evolution in palms. Phyton. 1990; 30: 213–233.

Silberbauer-Gottsberger I, Vanin SA, Gottsberger G. Interactions of the Cerrado palms *Butia paraguayensis* and *Syagrus petraea* with parasitic and pollinating insects. Sociobiology 2013; 60(3): 306-316.

Smith-Pardo A, González VH. Diversidad de abejas (Hymenoptera: Apoidea) en estados sucesionales del bosque húmedo tropical. Acta Biolo Colomb. 2007; 12(1): 43-56.





CAPÍTULO 17

POLINIZACIÓN EN CULTIVOS PROMISORIOS

Guiomar Nates-Parra[1] M. Sc., Rodulfo Ospina[1], Ph.D., Ángela T. Rodríguez-Calderón[1,2] M. Sc., Fermín J. Chamorro[1] M. Sc. María Mónica Henao-Cárdenas[1] Biol, Laura V. Calderón[1,3] Biol, Mario Simón Pinilla- Gallego[1,4] Biol.

[1] Laboratorio de Investigaciones en Abejas-LABUN, Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá.

[2] Subdirección Científica, Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis.

[3] Instituto de Estudios Ambientales, Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá.

[4] Departament of Entomology, Michigan State University, East Lansing, Michigan, USA.

mgnatesp@unal.edu.co, rospinat@unal.edu.co, atrodriguezc@gmail.com, ferminchamorro@gmail.com, mmcardenas@unal.edu.co, lvcalderona@unal.edu.co, simonpinilla@yahoo.com

INTRODUCCIÓN

La importancia del servicio de polinización por animales para la provisión de alimentos a nivel mundial se reconoció desde hace más de una década, con la disminución en las poblaciones de polinizadores silvestres y manejados (Allen-Wardell *et al.*, 1998). Hoy conocemos que polinizadores como abejas, aves y murciélagos inciden sobre el 35% de la producción agrícola mundial, aumentando el rendimiento de 87 de los principales cultivos de todo el mundo, así como de numerosas medicinas de origen vegetal (Klein *et al.*, 2007). Asimismo, se ha determinado que alimentos como frutas y semillas, que contribuyen a una dieta sana y equilibrada más allá del consumo de calorías y que ofrecen micronutrientes (vitaminas y minerales) que ayudan a prevenir enfermedades, son total o parcialmente dependiente de polinizadores (Eilers *et al.*, 2011). Sin embargo, la importancia de los polinizadores en la nutrición humana, depende de la composición de las dietas locales, y no se puede predecir de forma fiable del análisis global de los productos básicos (Ellis *et al.*, 2015). Las áreas naturales contribuyen al sustento de 1,6 billones personas en el mundo y los frutos obtenidos de éstas se encuentran entre las principales fuentes de vitaminas y minerales, principalmente en países tropicales (Vinceti *et al.*, 2013). Si bien existen muy pocas comunidades en el mundo que en la actualidad dependen de alimentos silvestres para la consecución de una dieta completa (Colfer, 2008), estos alimentos pueden contribuir a mantener la nutrición en los hogares durante los períodos de escasez (por ejemplo, complementando la estacionalidad de los cultivos agrícolas básicos) y/o constituyen una fuente de ingresos adicional, por su comercialización en mercados locales o venta a intermediarios (Kehlenbeck *et al.*, 2013). Por lo tanto, se deben considerar más dimensiones (social, cultural, económico, ecológico, etc.) en la evaluación de los servicios de polinización para determinar completamente el impacto de los polinizadores en el bienestar humano e identificar poblaciones y regiones más vulnerables a la disminución de polinizadores.

Un buen modelo para evaluar la importancia de las abejas como polinizadores son los frutales promisorios, que hacen parte del conjunto de especies vegetales que se encuentran en estado silvestre o no están extensivamente cultivados, son sub-utilizados, pero tienen gran potencial ecológico, para la conservación del medioambiente y son susceptibles de un aprovechamiento ambientalmente sostenible (MINAMBIENTE y SENA, 2007). En Colombia, hay cerca de 400 especies de plantas nativas comestibles, de las cuales 78% son frutas, número que no resulta sorprendente si se tiene en cuenta que Colombia posee el 10 % de la biodiversidad del planeta y en su territorio viven alrededor de 80 grupos étnicos (IAvH, 2015). A pesar de su importancia nacional, es escaso o casi nulo el conocimiento sobre la biología floral y reproductiva, polinización y polinizadores de estos frutales. Por lo tanto, el desarrollo de investigaciones que contribuyan a superar estos vacíos de información son fundamentales para el futuro manejo productivo de estos frutales, ya que servirá de base para diseñar prácticas amigables con los polinizadores y sus hábitats, que favorezcan no solo su conservación y protección, sino también que eviten futuros problemas tanto ecológicos como económicos para los productores. Por lo anterior, en este capítulo se presenta y analiza la importancia de los polinizadores, particularmente abejas, para la producción de tres frutales promisorios de Colombia (agraz, chamba y cholupa), con el propósito de contribuir al desarrollo de los objetivos de la Iniciativa Colombiana de Polinizadores (ICPA) sobre conocimiento, uso sostenible y valoración tanto de los polinizadores como del servicio de polinización prestado por abejas en Colombia.

FRUTALES PROMISORIOS

Agraz

El agraz o mortiño (*Vaccinium meridionale* Sw.), pertenece a la familia Ericaceae, uno de los grupos de plantas de mayor uso por comunidades rurales en zonas de alta montaña en Colombia (Abril, 2010; Lagos-Burbano *et al.*, 2010). Estas platas presentan frutos en bayas, de sabores agradables (dulces, ácidos), que pueden ser consumidos en fresco, deshidratados o en preparaciones como vinos, néctares y mermeladas. El agraz es un arbusto de hasta 3.5 m de altura, usualmente muy ramificado, que crece de manera silvestre en áreas disturbadas y bosques, florece dos veces al año (febrero a mayo y de agosto a noviembre) y presenta frutos de color verde en estado inmaduro y morado oscuro, casi negro en su madurez, que oscilan entre 7 y 15mm de diámetro ecuatorial y un peso fresco de 1,6 a 6,8 g (Valencia y Ramírez, 1993; Corantioquia, 2009).

La distribución geográfica del agraz comprende zonas andinas del norte de Suramérica, desde Ecuador hasta Venezuela y también está presente en los bosques de montaña en Jamaica (Corantioquia, 2009). En Colombia, se encuentra entre los 1.800 y los 3.100 m de altitud y los departamentos en los cuales la presencia de agraz es más representativa son Antioquia, Boyacá y Cundinamarca. Sin embargo, en estas zonas

ha habido fragmentación de los bosques y ha ocurrido un proceso extractivo no sostenible, derivado del incremento en la demanda de los frutos, que pone a la especie en peligro de erosión genética (Ligarreto, 2009). Por lo anterior, se han iniciado estudios como los de Ligarreto (2009), Medina *et al* (2009), Ligarreto *et al* (2011), Castro *et al* (2012), García y Ligarreto (2014) conducentes a su propagación y establecimiento como cultivo.

Las comunidades rurales recolectan los frutos de agraz para su comercialización en mercados locales, aunque la mayor parte de la producción se comercializa en los grandes centros urbanos. El agraz se usa principalmente para elaborar postres, pero su consumo en jugo u otras bebidas ha aumentado por sus altos contenidos de compuestos antioxidantes, y se recomienda para prevenir enfermedades cardiovasculares y reducir el riesgo de desarrollar cáncer. Además el agraz tienen un alto potencial de exportación, ya que ha sido incluido en la lista de especies que pueden ingresar al mercado de los Estados Unidos de América (Ligarreto, 2009).

Chamba

La chamba o champa pertenece al género *Campomanesia*, de la familia Myrtaceae. Este género está compuesto por 25 especies, todas suramericanas, pero solamente una, *Campomanesia lineatifolia* (chamba), crece en Colombia (Parra-O., 2014). Es un árbol de hasta 10 m de alto, que se encuentra en Colombia, Brasil, Ecuador y Perú (Landrum, 1986), y en Colombia crece en la Amazonia, Andes, Orinoquia y el Pacífico entre los 20 y los 1.850 m de altitud (Villachica, 1996). Los frutos son carnosos esféricos y achatados, de hasta 7 cm de diámetro, de piel suave y de color amarillo al madurar, coronados por restos de la flor, con varias semillas circulares y aplanadas envueltas en una pulpa blanco-amarillenta, muy aromática, de agradable sabor agridulce.

La chamba es aprovechada y cultivada principalmente en algunas áreas del departamento de Boyacá como la provincia de Lengupá, en los municipios de Miraflores, San Eduardo y Berbeo (López y Rodríguez, 1995; Balaguera-López, 2011; Cruz, 2014). Los frutos son cosechados cuando se acercan al punto de maduración, o se recogen del suelo a medida que se desprenden del árbol. Son altamente perecederos, por lo que se comercializa en forma de pulpa, la cual se utiliza para elaborar jugos, cremas, helados, yogurt, dulces y licores, además, las semillas se emplean como ingrediente natural en la elaboración de cosméticos (López y Rodríguez, 1995, Cruz, 2014).

Para *C. lineatifolia*, Madalosso *et al*., (2012) confirmaron el uso etnofarmacéutico como agente gastroprotectivo, eficiente en la prevención de úlceras gástricas. La chamba tiene alto contenido de vitamina C y minerales como calcio y fósforo en sus frutos según lo reportado por ICBF (1978), además posee compuestos aromáticos del grupo de las ß-tricetonas, llamados champanones, que son los que confieren aroma a las partes florales, frutos y semillas, y poseen propiedades antimicrobianas(Bonilla *et al.*, 2005; Osorio *et al.*, 2006).

Cholupa

La cholupa (*Passiflora maliformis* L), granadilla de piedra o cóngolo (Bernal *et al.*, 2013), es una de las 42 especies con fruto comestible de la familia Passifloraceae que se encuentran en Colombia. Con cerca de 170 especies, Colombia es el país con mayor diversidad de Passifloraceae, tanto en formas silvestres como cultivadas (Ocampo *et al.*, 2007). Además de la cholupa, en Colombia se cultiva y comercializan frutos de maracuyá (*P. edulis f. flavicarpa* Degener), granadilla (*P. ligularis* Juss.), gulupa o curuba redonda (P. *edulis* f. *edulis* Sims), curuba de Castilla (*P. tripartita* var. *mollissima* Holm-Nielsen y Jørgensen), curuba India (*P. tarminiana* Coppens y Barney), badea (*P. quadrangularis* L.), granadilla de Quijos o Caucana (*P. popenovii* L.) y la maracua o curubina (*P. alata* Curtis) (Ocampo *et al.*, 2007).

La cholupa es una liana que trepa mediante zarcillos, con frutos redondos a ovales de 5 a 9 cm de diámetro, con una cáscara verdosa aún al madurar, y con pulpa amarillo-anaranjada, dulce o ácida y agradablemente aromática. Se distribuye en las Antillas, Colombia, Venezuela y Ecuador. En Colombia se encuentra de forma silvestre entre los 0 y los 2.200 m de altitud, principalmente en los departamentos de Boyacá, Cundinamarca, Huila, Magdalena, Nariño, Tolima y Valle del Cauca (Ocampo *et al.*, 2007). Sin embargo, en el Huila se desarrolló su cultivo y manejo poscosecha, con un área total cultivada en el departamento de aproximadamente 100 ha, concentrada en los municipios de Rivera y Neiva (Rodríguez, 2010). Debido a lo anterior, se le concedió la denominación de origen "Cholupa del Huila", con el fin de proteger el producto y darle un valor agregado.

La cholupa presenta dos temporadas de alta oferta en el año, una entre marzo y abril y otra entre agosto y diciembre (Durán y Méndez, 2008). En el mercado se puede encontrar la fruta fresca o la pulpa, con la cual se preparan jugos, pero también se utiliza para elaborar néctar, mermeladas y vino. A pesar de la denominación de origen, el mercado de la cholupa se limita al departamento del Huila y a algunos departamentos vecinos.

DEPENDENCIA DE LOS POLINIZADORES

La determinación de la dependencia de polinizadores de una planta requiere tanto de la realización de experimentos de polinización (flores excluidas vs flores expuestas a los polinizadores) como del análisis de su biología floral. Considerando que la polinización cruzada depende en gran medida de cómo los caracteres florales funcionales afectan al comportamiento de los polinizadores, la identificación de aquellos caracteres que favorezcan el acople planta-polinizador (descubrimiento, atracción, adaptación mecánica y de recompensa) es clave para entender la biología reproductiva y respectivo aporte de los polinizadores a la producción de frutos. El acople morfológico planta-polinizador es clave para el manejo de los cultivos, incrementar su producción y favorecer la conservación de polinizadores (Palmer *et al.*, 2009; Garibaldi *et al.*, 2015). Según lo anterior, a

continuación, se destacan aspectos importantes de la biología floral y reproductiva de los tres cultivos estudiados, para analizar su dependencia de polinizadores. En la Fig. 17.1 se puede observar el acople flor-abeja para los tres frutales estudiados.

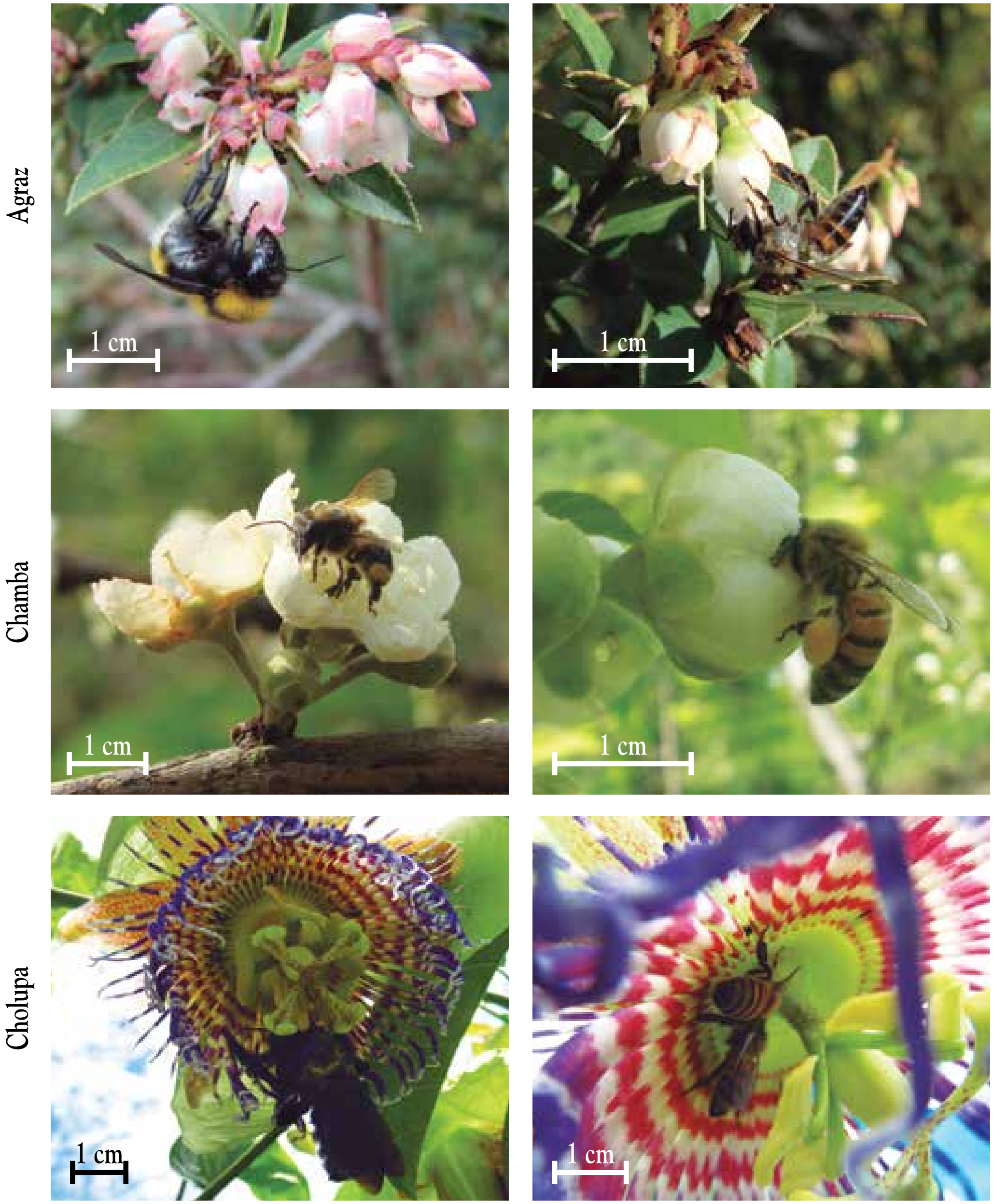


Figura 17.1. Acople flor-abeja en los frutales agraz (*Vaccinium meridionale*), chamba (*Campomanesia lineatifolia*) y cholupa (*Passiflora maliformis*). En la columna izquierda se presentan abejas silvestres nativas (agraz: *Bombus hortulanus*, chamba: *Melipona* sp., cholupa: *Xylocopa frontalis*) y en la derecha *Apis mellifera*. Fotografias: FJ. Chamorro y A. Rodríguez

Agraz

Vaccinium meridionale presenta flores urceoladas y péndulas, lo que obliga a los visitantes a colgarse de las flores y entrar en contacto con el estigma. También presenta anteras poricidas, pero a diferencia de otras especies con este tipo de anteras, el polen sale fácilmente sin vibración. Las flores ofrecen néctar como recompensa a los polinizadores, lo cual favorece que sean visitadas por un grupo más amplio de animales, no solamente los que pueden hacer polinización por vibración. Además las plantas presentan un gran despliegue floral (más de 2000 flores abiertas de forma simultánea) y longevidad floral (hasta 12 días de antesis) para aumentar la atracción de polinizadores y la probabilidad de fecundación cruzada (Chamorro y Nates-Parra, 2015).

El agraz produce frutos por agamospermia, autogamia y xenogamia. No obstante, el entrecruzamiento es la estrategia reproductiva primaria de *V. meridionale* y la autogamia y agamospermia son mecanismos de aseguramiento reproductivo. Se ha registrado una fuerte depresión por endogamia manifestada en altas tasas de aborto de frutos producidos por autogamia a diferencia de los frutos provenientes de polinización cruzada que son retenidos por la planta desde su formación. Además, se ha registrado la coexistencia de plantas femeninas y plantas hermafroditas (poblaciones ginodioicas), con el fin de aumentar el éxito reproductivo femenino y masculino (Chamorro y Nates-Parra, 2015). Según la estrategia reproductiva del agraz se estima que el 65% de la producción de frutos depende de la polinización por abejas (Rodríguez *et al*., 2015).

Chamba

Las flores presentan antesis diurna entre las 05:30 y las 08:00 horas, con una duración promedio de 10 horas. Son de color blanco, con numerosos estambres (150-170 por flor) cuyas anteras son muy aromáticas y ofrecen abundante polen como única recompensa ya que no producen néctar. Los pétalos son libres y abren completamente en las primeras horas de antesis, lo que facilita el contacto entre los visitantes florales y las estructuras reproductivas (estigma y estambres). Desde el inicio de la antesis puede ocurrir polinización, ya que el polen es viable y el estigma se encuentra receptivo, pero con promedios más altos en las primeras horas de apertura, lo que coincide con la hora de mayor actividad de los principales visitantes (Rodríguez, 2014; Rodríguez *et al*., 2015).

Los caracteres florales de la chamba facilitan la autopolinización, sin embargo, la formación exitosa de frutos y semillas solamente ocurre con polinización cruzada. Con polen de la misma planta se inicia la formación de frutos pero estos son abortados durante su desarrollo. En consecuencia, la chamba es una especie xenógama obligada y los polinizares son esenciales para la formación de frutos y semillas (Rodríguez, 2014; Rodríguez *et al*., 2015).

Cholupa

La flor presenta antesis de un único día con duración aproximada de 12 ±2 horas, en las que pasa por siete fases fenológicas claramente diferenciables debido a los movimientos combinados de los verticilos del perianto y el androginóforo (ver detalles de las fases

en Henao, 2013; Rodríguez *et al.*, 2015). La cuarta fase fenológica, que inicia hacia las 9 de la mañana, es la más importante en términos de funcionalidad, ya que durante esta fase las estructuras sexuales se encuentran en su punto máximo de separación espacial, por lo que se dificulta la autopolinización y se favorece la deposición de polen por parte de los polinizadores. Además el polen presenta su punto de mayor viabilidad, el estigma se encuentra completamente receptivo y la concentración de azúcares en el néctar es la máxima observada en la flor durante el día (Henao, 2013)

La cholupa es una especie estrictamente alógama, de preferencia xenógama; que necesita polen proveniente de plantas genéticamente distantes para producir frutos de manera efectiva y es dependiente de vectores animales que transporten su polen entre flores para lograr fecundación exitosa; ya que su probabilidad de polinización espontánea es considerablemente baja. Los ensayos de polinización demuestran que la dependencia que tiene la cholupa de las abejas polinizadoras es alta, ya que sin la acción de estos vectores de polen la producción se reduce un 77.7% (Rodríguez, 2014).

POLINIZADORES

Agraz

Las flores del agraz son visitadas por abejas, moscas, mariposas, polillas, avispas y de forma esporádica por colibríes. No obstante, las abejas son sus principales visitantes florales, con más del 90% de las visitas. Entre las abejas visitantes del agraz se encuentran: *Apis mellifera*, *Bombus hortulanus*, *B. rubicundus*, *B. atratus*, *B. melaleucus*, *Thygater* sp, y diferentes especies de la familia Halictidae (Pinilla-Gallego y Nates-Parra, 2015; Rodríguez *et al.*, 2015).

De las anteriores, *A. mellifera* y *B. hortulanus* realizan más del 90% de las visitas y ambas especies son polinizadores eficientes del agraz. Con solo una visita de una abeja hay formación de frutos y semillas (Chamorro, 2014). Sin embargo, el aporte a la polinización del agraz de estas especies, varía según la presencia de colmenas y/o nidos naturales en la zona. Por ejemplo, en San Miguel de Sema (Boyacá), *B. hortulanus* es el visitante que más contribuye a la polinización (69,5%), mientras que en Guachetá (Cundinamarca), *A. mellifera* brinda el mayor aporte a la polinización (64%), dado que en la zona hay nidos naturales, colmenas artesanales y colmenas tipo Lansgtroth (Pinilla-Gallego y Nates-Parra, 2015). La contribución de *B. hortulanus* a la polinización del agraz es realizada por machos, obreras y reinas. Según la fase del ciclo de la colonia, cambia la frecuencia y densidad de las castas en cada localidad, aunque con un mayor aporte a la polinización por parte de las hembras (reinas y obreras) durante la primera floración y una predominancia de los machos en la segunda floración del año (Chamorro *et al.*, 2015).

Chamba

La chamba es visitada por una amplia lista de insectos de los órdenes Hymenoptera (Apoidea y Vespoidea), Diptera, Coleoptera y Lepidoptera. Sin embargo, el espectro de visitantes florales es dominado por abejas sin aguijón (Apidae: Meliponini) y *A. mellifera* con, 50 y 40%, respectivamente. Las abejas sin aguijón incluyen especies de los géneros *Geotrigona*, *Melipona*, *Partamona*, *Plebeia*, *Scaptotrigona* y *Trigona* (Calderón, 2012).

En términos de visitas únicas, ninguna especie de los visitantes florales más frecuentes es eficiente por sí sola como polinizador de la chamba. Si bien hay deposición de polen, la tasa de cuajamiento es mínima. Se requieren múltiples visitas de la misma especie o visitas combinadas de dos o más especies para que haya formación exitosa de frutos. Dado que los principales visitantes florales de la chamba son abejas sociales y visitan sus flores en busca de polen, la cantidad de polen disponible en el cuerpo de estas especies es poco, ya que lo recolectan y acumulan en sus corbículas. Además solamente las abejas de tamaño mediano a grande pueden realizar transferencia de polen, ya que requieren visitar varias flores para llenar sus corbículas. Es así, que se ha estimado que el mayor aporte (87%) al servicio de polinización de la chamba lo hacen abejas *A. mellifera* y *Melipona* que son de tamaño mediano y en conjunto representan cerca del 60% de las visitas (Calderón, 2012; Rodríguez, 2014). Aunque se ha sugerido que los polinizadores eficientes de la chamba corresponden a abejas grandes (>15 mm), como se ha registrado para otras especies de *Camponanesia* y que en la zona de producción de Chamba (Provincia de Lengupá, Boyacá) han disminuido por la actividad antrópica a la que ha sido sometida la región (Rodríguez, 2014).

Se considera que las abejas sin aguijón del género *Melipona* pueden tener una mayor relevancia para la polinización de la chamba que *A. mellifera*, porque además de su alta frecuencia de visita, su actividad de forrajeo es sincrónica con la antesis de la chamba. La abejas del género *Melipona* tienen la tendencia a forrajear temprano en horas de la mañana y en condiciones ambientales que coinciden con las de mayor exposición del aroma como atrayente y del polen como recompensa de la chamba, además *Melipona* obtiene el polen de la chamba por vibración, pese a que esta especie posee anteras con dehiscencia longitudinal lo cual optimiza su liberación y el contacto con el estigma (Calderón, 2012; Rodríguez, 2014).

Cholupa

La lista de visitantes florales de la cholupa la componen principalmente abejas (*A. mellifera*, *Centris*, *Epicharis*, *Eucerini*, *Eulaema*, *Nannotrigona*, *Trigonisca*, *Xylocopa*), con dominancia de *A. mellifera* (87% del total de visitas). Las flores de la cholupa también son visitadas por colibríes (Trochilidae), moscas (Diptera: Drosophilidae), y otros Hymenoptera (Vespidae). Sin embargo, éstos últimos no presentan una frecuencia o comportamiento propios de potenciales polinizadores. Por la separación espacial de las estructuras reproductivas y el tamaño de las flores de la cholupa, se requieren polinizadores de gran tamaño para una eficiente remoción y deposición de polen. De las abejas registradas en la cholupa, los abejorros *Eulaema nigrita*, *Xylocopa frontalis*, *Centris flavifrons*, *Eulaema*

cingulata y *Eulaema polychroma* cumplen con estas características y tras una sola visita pueden producir la formación de frutos. Además de su acople morfológico, estas abejas visitan la cholupa principalmente por néctar, por lo que casi todo el polen en su cuerpo se encuentra disponible para polinización (Rodríguez, 2014).

Apis mellifera solamente poliniza la cholupa cuando realiza visitas reiteradas o en grupos. La cantidad de polen transportada por individuo (solamente 21% de polen disponible en el cuerpo) es inferior a la potencialmente transferida por abejas nativas de porte grande. Pero su valor como polinizador se ve disminuido por su asincronía con la fase más receptiva de la flor y por el acaparamiento del recuso polínico que reduce la cantidad de polen disponible para ser transferido por otras abejas (Rodríguez, 2014).

Otros visitantes menos frecuentes y de menor tamaño como *Euglossa* sp., *Nannotrigona mellaria*, *Trigona fulviventris, Trigonisca* sp. y Halictidae, se considera que no cumplen la función de polinización, pero es importante resaltar la importancia de la cholupa como fuente alimenticia para estas otras abejas que pueden ser polinizadoras de otras plantas que componen agroecosistemas de la región (Rodríguez, 2014).

AMENAZAS PARA LOS POLINIZADORES

Hay tres aspectos críticos a considerar cuando se analizan amenazas para las poblaciones de abejas y en consecuencia para el servicio de polinización que prestan en una región determinada: 1) disponibilidad de fuentes de alimento 2) disponibilidad de sitios de nidificación y 3) exposición de a plaguicidas. Según esto, en los cultivos estudiados se identificaron las siguientes amenazas:

1) Aplicación indiscriminada de plaguicidas para controlar plagas en los cultivos de cholupa. Una indagación preliminar mostró que se aplican 12 tipos de agroquímicos, todos tóxicos para las abejas, y el 50% de ellos con niveles altos de toxicidad, con la consecuente disminución de la población de visitantes y posibles polinizadores de la especie.

2) Deforestación, lo cual causa disminución de sitios de nidificación para abejas como *Melipona* en la champa. Las abejas del género *Melipona* usan cavidades en los troncos árboles para hacer sus nidos, por lo que coberturas con estrato arbóreo son claves para el sostenimiento de las poblaciones de estas abejas. En la Provincia de Lengupá (Boyacá) a pesar de encontrarse potenciales sitios de nidificación en las coberturas arboladas como cultivos de café con sombrío, la densidad de nidos es baja (Calderón, 2012), lo cual indica la necesidad de conservar y restaurar las coberturas boscosas naturales.

La deforestación también es una amenaza para las abejas del agraz. Los abejorros del género *Bombus*, por lo general nidifican en cavidades preexistentes en pastizales y matorrales. Estas coberturas por lo general son reemplazadas por cultivos y/o potreros para ganado y en algunas fincas se ha observado que los matorrales donde crece el agraz, donde también se encuentran

nidos de *Bombus*, están siendo "limpiados" para dejar solo el agraz y eliminar el resto de la cobertura vegetal. La deforestación en el agraz es acrecentada por problemas sociales derivados del hecho de que las plantas crecen espontáneamente en fincas o lotes baldíos, donde cualquier persona tiene acceso y puede recoger los frutos sin ningún control, lo que crea conflictos entre los propietarios y las personas que toman los frutos de propiedades ajenas.

Las abejas silvestres que visitan a *P. maliformis* y que presentan condiciones adecuadas para su polinización, necesitan lugares particulares para nidificar, como madera muerta disponible para hacer galerías, zonas de suelo no sometido a arado y con condiciones de drenaje particulares para hacer sus túneles subterráneos, presencia de plantas que les provean resinas y aceites para impermeabilizar sus celdas de cría y proteger sus nidos. Por ejemplo, las abejas de los géneros *Centris* y *Epicharis*, que son recolectoras de aceites de la plantas de la familia Malpigiaceae, requieren de estas plantas que son componentes importantes de zonas en regeneración sucesional y también son frecuentes en cercos vivos; los euglosinos requieren para su complejo comportamiento reproductivo, especies de orquídeas, aráceas y otras plantas de las que los machos obtienen fragancias importantes en su estrategia reproductiva, las cuales son predominantemente de hábito trepador o epífito de zonas húmedas conservadas. Por esta razón la relación planta – polinizador en pasifloráceas se ve afectada no solamente por la problemática de la aplicación de plaguicidas y sistemas de riego, sino por la pérdida de hábitats que les provean refugio, recursos de nidificación y recursos alimenticios alternos a los ofrecidos por los cultivos.

3) Entomofobia y subvaloración de las abejas. Existe en general una actitud negativa frente a las abejas, manifestada en la destrucción de nidos y su catalogación como insectos peligrosos para las personas y los animales domésticos. En el caso de las abejas sin aguijón se desconoce su potencial económico para la producción de miel. En la región de Lengupá hay una meliponicultura incipiente, que intenta conservar las abejas nativas de la zona, pero el cultivo del café y la apicultura son prioritarios económicamente en la región, de manera que la meliponicultura es una actividad subvalorada.

CONCLUSIÓN

Los tres frutales estudiados dependen de las abejas para su polinización y por tanto para la formación de frutos, ya sea porque aumentan la retención de frutos producidos por entrecruzamiento, como en el caso del agraz, o por que definitivamente se incrementa la producción de frutos, tanto en la chamba como en la cholupa. Si bien *A. mellifera* aparece como la especie más frecuente en todos ellos, no es el único polinizador por cuanto existe una comunidad de abejas silvestres, de diferentes especies, que realiza el servicio natural de polinización. Los dos grupos de abejas, manejadas y silvestres, se complementan para prestar este servicio.

Los agroecosistemas donde se encuentra los frutales estudiados ofrecen recursos (alimento y nidos) que permiten el sostenimiento de poblaciones silvestres de abejas y del servicio de polinización que prestan. Sin embargo, existen amenazas que comprome-

ten la permanencia espacial y temporal de dicho servicio: aplicación indiscriminada de pesticidas para controlar plagas en la cholupa y deforestación en las zonas productoras de chamba y cholupa. Se requieren campañas muy intensas de educación ambiental y asistencia técnica con el fin de sensibilizar y capacitar a la población rural sobre el valor de las abejas y como conservarlas, mediante acciones directas (cría de abejas silvestres, siembra de recursos alimenticios alternativos) e indirectas (manejo de los cultivos para disminuir el impacto sobre las abejas como el control biológico de las diversas plagas, o por lo menos el manejo racional de los agroquímicos).

El estudio de la polinización del agraz, chamba y cholupa evidencia la necesidad urgente de realizar evaluaciones a escalas nacionales y locales sobre el valor de la polinización, especialmente en países biodiversos y con altos niveles de pobreza como Colombia, donde las poblaciones tienen una fuerte relación con el medio natural y lo usan como fuente de alimentos.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional de Colombia (Dirección de Investigaciones Bogotá-DIB-, Departamento de Biología) y a Colciencias por el apoyo y la financiación del proyecto Valoración de los servicios de polinización por abejas en algunos cultivos frutales promisorios en Colombia (QUIPU: 2020100-16286). A los dueños de los diferentes cultivos o parcelas por permitir el accesos a los frutales.

REFERENCIAS

Abril Ramírez DL. Las ericáceas con frutos comestibles del altiplano Cundiboyacense (Trabajo de Grado). Bogotá: Carrera de Biología, Facultad de Ciencias, Pontificia Universidad Javeriana; 2010. 41 p.

Allen-Wardell G, Bernhardt P, Bitner R, Burquez A, Buchmann S, Cane J, *et al.* The potential consequences of pollinator declines on the conservation of biodiversity and stability of food crop yields. Conserv Biol. 1998;12(1):8-17.

Balaguera-López H. Estudio del crecimiento y desarrollo del fruto de champa (*Campomanesia lineatifolia* Ruiz & Pav.) y determinación del punto óptimo de cosecha (Tesis de Maestría). Bogotá, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia; 2011. 138 p.

Bernal R, Galeano G, Rodríguez A, Sarmiento H, Gutiérrez M. 2013. Nombres comunes de las plantas de Colombia. Disponible en: http://www.biovirtual.unal.edu.co/nombrescomunes/ [consultado el 24 de abril del 2014]

Bonilla A, Duque C, Garzón C, Takaishi Y, Yamaguchi K, Hara N, Fujimoto Y. Champanones, yellow pigments from the seeds of champa (*Campomanesia lineatifolia*). Phytochemistry. 2005;66(14):1736-1740.

Calderón LV. Visitantes florales y posibles polinizadores de champa, *Campomanesia lineatifolia* Ruiz & Pav. (Myrtaceae) en cuatro localidades de la provincia de Lengupá, Boyacá (trabajo de grado). Bogotá: Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia; 2012. 65 p.

Castro C, Olarte Y, Rache L, Pacheco J. Development of a germination protocol for blueberry seeds (*Vaccinium meridionale* Swartz). Agron. Colomb. 2012;30(2), 196-203.

Chamorro FJ. Influencia de la polinización por abejas sobre la producción y características de frutos y semillas de *Vaccinium meridionale* Sw. (Ericaceae) en los Andes Orientales de Colombia (tesis de maestría). Bogotá: Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia; 2014. p. 33-54.

Chamorro FJ, Nates-Parra G. Biología floral y reproductiva de *Vaccinium meridionale* (Ericaceae) en los Andes orientales de Colombia. Rev Biol Trop. 2015;63(4):1197-1212.

Chamorro FJ, Pinilla MS, Nates-Parra G. Importancia de las castas de *Bombus hortulanus* en la polinización del frutal silvestre *Vaccinium meridionale* (resumen). En: Libro de Resúmenes X Coloquio de la Sección del Norte Suramericano de la Unión Internacional para el Estudio de los Insectos Sociales IUSSI; 2015. p. 74.

Colfer CJP, Editor. Human health and forests: global overview of issues, practice and policy. London: Earthscan; 2008. 374 p.

Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia (Corantioquia). Conozcamos y usemos el mortiño. Medellín: Corantioquia; 2009. 28 p.

Cruz MP. Protocolo de aprovechamiento de la chamba (*Campomanesia lineatifolia*) en San Eduardo, Boyacá. En: Torres MC, Casas L, Editor(s). Protocolos de aprovechamiento para flora silvestre no maderable. Metodología, estudios de caso y recomendaciones técnicas. Bogotá: Fondo Biocomercio, Fundación Natura; 2014. p. 89-106.

Durán JD, Méndez GA. Plan de negocios para exportar maracuyá y cholupa como fruta fresca y/o en pulpa hacia Canadá (trabajo de grado). Bogotá: Carrera de Ingeniería Industrial, Facultad de Ingeniería, Pontificia Universidad Javeriana; 2008. 138 p.

Eilers EJ, Kremen C, Greenleaf SS, Garber AK, Klein AM. Contribution of Pollinator-Mediated Crops to Nutrients in the Human Food Supply. PLoS ONE. 2011;6(6): e21363.

Ellis AM, Myers SS, Ricketts TH. Do Pollinators Contribute to Nutritional Health? PLoS ONE. 2015;10(1): e114805.

García CL, Ligarreto G. Efecto del tamaño del fruto sobre el crecimiento y desarrollo de plántulas de agraz (*Vaccinium meridionale* Swartz) en cuatro localidades de los Andes de Colombia. Agron Colomb.2014;32(1):14-21.

Garibaldi LA, Bartomeus I, Bommarco R, Klein A, Cunningham S, Aizen M, *et al*. Trait matching of flower visitors and crops predicts fruit set better than trait diversity. J App Ecol. 2015;52(2):1436-1444.

Henao MM. Biología floral y reproductiva de la cholupa *Passiflora maliformis* (Passifloraceae) [Trabajo de Grado]. Bogotá: Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia; 2013. 41 p.

Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Biodiversidad en tu mesa. Disponible en: http://goo.gl/etKNa0 [consultado el 10 de julio de 2015].

Instituto Colombiano de Bienestar Familiar (ICBF). Tabla de Composición de Alimentos Colombianos. 4 ed. Bogotá: Instituto Colombiano de Bienestar Familiar, Ministerio de Salud Pública; 1978. 95 p.

Kehlenbeck K, Asaah E, Jamnadass R. 2013. Diversity of indigenous fruit trees and their contribution to nutrition and livelihoods in sub-Saharan Africa: examples from Kenya and Cameroon. En: Fanzo J, Hunter D, Borelli T, Mattei, F, editor(s). Diversifying food and diets: using agricultural biodiversity to improve nutrition and health issues in agricultural biodiversity. London: Earthscan. p. 257–269

Klein AM, Vaissiere BE, Cane JH, Steffan-Dewenter I, Cunningham SA, Kremen C, Tscharntke T. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. Proc Biol Sci. 2007;274(1608):303-313.

Lagos-Burbano TC, Ordóñez-Jurado H, Criollo-Escobar H, Burbano S, Martínez Y. Descripción de frutales nativos de la familia Ericaceae en el altiplano de Pasto, Colombia. Rev colomb cienc hortic. 2010:4(1):9-18.

Landrum L. *Campomanesia*, *Pimenta*, *Blepharocalyx*, *Legrandia*, *Acca*, *Myrrhinium*, and *Luma* (Myrtaceae). Fl Neotrop Monogr. 1986;45:1-178.

Ligarreto GA, editor. Perspectivas del cultivo de agraz o mortiño (*Vaccinium meridionale* Swartz) en la zona altoandina de Colombia. Bogotá: Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Colciencias. 2009; 134 p.

Ligarreto G, Patiño M, Magnitskiy S. Phenotypic plasticity of *Vaccinium meridionale* (Ericaceae) in wild populations of mountain forests in Colombia. Rev. Biol. Trop. 2011; 59(2), 569-583.

López M, Rodríguez J. Diagnóstico del mercadeo de la champa en el Municipio de Miraflores Boyacá (trabajo de grado). Tunja: Tecnología en Mercadeo, Instituto de Educación Abierta y a distancia, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia; 1995. 86 p.

Madalosso RC, Oliveira GC, Martins MT, Vieira AED, Barbosa J, Caliari MV, et al. *Campomanesia lineatifolia* Ruiz & Pav. as a gastroprotective agent. J Ethnopharmacol. 2012;139(3):772-779.

Medina C, Lobo M, Patiño MP, Ligarreto G, Delgado O, Lopera S. Toro J. Variabilidad morfológica en agraz en la zona altoandina de Colombia. pp. 57-74. In: Ligarreto, G. (ed.). Perspectivas del cultivo de agraz o mortiño (*Vaccinium meridionale* Swartz) en la zona altoandina de Colombia. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. 2009.

Ministerio de Ambiente, Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA). Estrategia de transferencia de tecnología ambiental sobre especies promisorias de la fauna y flora silvestres. Edición virtual. Bogotá: SENA; 2007. Disponible en: http://goo.gl/3xeAdA

Ocampo J. Diversidad y distribución de las Passifloraceae en el departamento del Huila en Colombia. Acta biol Colomb. 2013;18(3):511-516.

Ocampo J, Coppens D'eeckenbrugge G, Restrepo M, Jarvis A, Salazar M, Caetano C. Diversity of Colombian Passifloraceae: biogeography and an updated list for conservation. Biota Colomb. 2007;8(1):1-45.

Osorio C, Alarcón M, Moreno C, Bonillo A, Barrios J, Garzón C, Duque C. Characterization of Odor-Active Volatiles in Champa (*Campomanesia lineatifolia* R. & P.). J. Agric. Food Chem. 2006;54(2):509-516.

Palmer R, Perez P, Ortiz-Perez E, Maalouf F, Suso MJ. The role of crop-pollinator relationships in breeding for pollinator-friendly legumes: from a breeding perspective. Euphytica. 2009;170(1):35–52.

Parra-O C. Sinopsis de la familia Myrtaceae y clave para la identificación de los géneros nativos e introducidos en Colombia. Revista Acad. Colomb. Ci. Exact. 2014;38(148):261-77.

Pinilla-Gallego MS, Nates-Parra G. Visitantes florales y polinizadores en poblaciones silvestres de agraz (*Vaccinium meridionale*) del bosque andino colombiano. Rev Colomb Entomol. 2015;41(1):112-119.

Rodríguez-C AT Análisis comparativo entre cholupa y gulupa. Boletín Informativo N° 01, Secretaria de Agricultura y Minería, Gobernación del Huila; 2010. Disponible en: http://goo.gl/SH6c4E

Rodríguez-C AT. Requerimientos y valor económico del servicio de polinización prestado por abejas en dos frutales promisorios colombianos, (Champa *Campomanesia lineatifolia* Ruiz & Pav. y Cholupa *Passiflora maliformis* L.) (tesis de maestría). Bogotá: Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia; 2014; 121 p.

Rodríguez-C AT, Chamorro FJ, Calderón LV, Pinilla MS, Henao MM, Ospina R, Nates-Parra G. Polinización por abejas en cultivos promisorios de Colombia: Agraz (*Vaccinium meridionale*), Chamba (*Campomanesia lineatifolia*) y Cholupa (*Passiflora maliformis*). Laboratorio de Investigaciones en Abejas, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. 2015. 145 p.

Valencia MLC, Ramírez F. Notas sobre la morfología, anatomía y germinación del Agraz (*Vaccinium meridionale* Swartz.). Agron Colomb. 1993;10(2):151-159.
Villachica H. Frutales y hortalizas promisorias del Amazonas. Lima: Tratado de Cooperación Amazónica, Secretaría Pro Tempore; 1996. p. 181-18.
Vinceti B, Termote C, Ickowitz A, Powell B, Kehlenbeck K, Hunter D. The Contribution of Forests and Trees to Sustainable Diets. Sustainability. 2013;5(11):4797-4824.

CAPÍTULO 18

POLINIZACIÓN DE ALGUNAS PASIFLORAS EN COLOMBIA

Rodulfo Ospina T.[1] Ph. D., Joanna Jaramillo[1] Biól., Ángela T. Rodríguez-Calderón[2], M. Sc., María Mónica Henao[1] Biól.

[1] Laboratorio de Investigaciones en Abejas-LABUN, Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá.

[2] Subdirección Científica, Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis

rospinat@unal.edu.co, jcjaramillos@unal.edu.co, atrodriguezc@gmail.com, mmcardenas@unal.edu.co

Colombia es el país que posee la mayor diversidad de pasifloráceas del mundo. Estudios recientes indican que existen en Colombia 170 especies que se distribuyen principalmente en la región andina (Ocampo *et al.*, 2007; 2010). Dentro de esta gran variedad, se estima que al menos 81 de ellas llegan a tener potencial como frutos comestibles (Coppens d'Eeckenbrugge, 2003), pero solo menos de una docena han llegado a ser cultivadas y dos o tres han alcanzado alguna importancia en la agroindustria.

Dentro de estas últimas encontramos el maracuyá (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*), cuya importancia comercial ha motivado desde hace varios años el estudio científico de su biología floral y de los servicios de polinización que requiere el cultivo (Calle *et al.*, 2010). Como resultado de estos estudios tenemos uno de los ejemplos más claros de la dependencia de la productividad de un cultivo industrial de la presencia de abejas silvestres (Camillo 2003; Calle *et al.*, 2010). Debido a la condición de completa autoincompatibilidad de la planta y a la morfología particular de la flor, se requieren abejas de gran porte como las abejas carpinteras del género *Xylocopa* para que brinden el servicio de polinización y que los frutos se formen.

Esta situación reconocida en el maracuyá, que ha motivado entre otras cosas el uso de obreros para realizar polinización manual en varias regiones de Brasil e inclusive algunas en Colombia o la búsqueda de variedades autocompatibles por parte de los genetistas, nos llevó desde hace un par de años y aún en la actualidad a hacernos preguntas acerca de la biología floral y el verdadero papel de las abejas en la polinización de otras especies comerciales o promisorias de pasifloras en Colombia, surgiendo así una serie de investigaciones cuyos resultados presentamos aquí de manera resumida.

Las especies consideradas y los municipios donde se llevaron a cabo los trabajos de campo fueron: Gulupa (*Passiflora edulis* var. *edulis*) y granadilla (*Passiflora ligularis*), Buenavista (Boyacá), cholupa o granadilla de piedra (*Passiflora maliformis*), Rivera (Huila); curuba de castilla (*Passiflora tripartita* var. *mollissima*), Nuevo Colón (Boyacá).

Para cada una de ellas se realizó un estudio básico de su biología floral incluyendo aspectos como: descripción del ciclo floral y establecimiento de sus fases morfo-funcionales, establecimiento de las fases fértiles masculinas y femeninas mediante pruebas de viabilidad del polen y receptividad del estigma (formación de tubos polínicos y cuajamiento de frutos), establecimiento de las fases de ofrecimiento de recompensas (polen y néctar) y cuantificación de la cantidad y concentración de néctar.

Una segunda parte de los estudios realizados en las cuatro especies consistió en realizar pruebas experimentales con embolsamientos selectivos para cada tratamiento que nos permitieran dilucidar los aspectos básicos de la biología reproductiva de las plantas. Entre otras muchas, la principal pregunta a resolver en todos los casos se refería a la capacidad de autopolinización de la especie. Se efectuaron pruebas de formación de frutos sin fecundación (apomixis o agamospermia), con autopolinizacion manual, con autopolinización espontánea, con polinización cruzada manual (xenogamia) y con polinización natural.

Por último, se realizaron observaciones cuantitativas de los visitantes florales y se estableció el potencial del polinizador efectivo de cada uno de ellos mediante la observación del tipo de recurso recolectado, del contacto de estos visitantes con las estructuras reproductivas de la flor en el momento de la interacción y en algunos casos mediante la realización de pruebas de "visitas únicas" marcando una flor, dejándola expuesta y embolsándola después de una primera visita de un visitante.

Biología floral

Dentro de los resultados que se reportan para los ensayos de biología floral (Tabla 18.1) se encontró que dos de las cuatro especies estudiadas presentan un ciclo floral de un día o menos. La cholupa (*P. maliformis*) tiene un ciclo relativamente corto de 11 horas (Henao, 2013); la gulupa (*P. edulis*), de 25 horas (Ángel- Coca *et al.*, 2011). Por otra parte, la flor de la granadilla (*P. ligularis*) permanece abierta en promedio 32 horas; mientras que las poblaciones de curuba (*P. tripartita* var. *mollissima*) estudiadas presentaron una gran variabilidad en este aspecto con flores que permanecen abiertas entre 36 y 72 horas (Jaramillo *et al.*, 2014) . Las flores de las tres primeras especies presentan una floración más o menos sincrónica entre los botones que abren en el mismo día, mientras que algunas flores de curuba de un día pueden permanecer abiertas hasta el día siguiente o aún más, mezclándose de esta manera con las flores más jóvenes. De alguna manera, por factores que desconocemos, el ciclo floral de algunas flores de la curuba puede "detenerse" durante varias horas (Jaramillo *et al.*, 2014).

Dado que entre las especies estudiadas el ciclo floral es variable en su duración total, en la Tabla 18.1 ese expresa el momento de la máxima receptividad estigmática en términos de porcentaje del total del ciclo. De esta manera se observa cómo en la curuba este momento se alcanza relativamente temprano (14% del ciclo) mientras que en las otras tres especies es un poco más tarde (30 -40%). En cuanto a las estructuras masculinas resalta el hecho de que tanto en la gulupa como en la cholupa la dehiscencia de las anteras se produce muy temprano en el ciclo floral (2%) y el polen es en su mayoría viable de 3 a 4 horas después de este momento.

Tabla. 18.1. Ensayos de biología floral para cuatro especies de pasifloras. *Los valores de concentración de azúcares corresponden a: apertura, máximo y senescencia

Especie Passiflora	Duración Antesis (Horas)	Pico de Receptividad estigmática (%horas)	Pico de Viabilidad de polen (% horas)	Dehiscencia de polen (% horas)	Volumen máx néctar acumulado (microlitros)	Concentración de azúcares [(mg/microlitro)]*	Observaciones
Passiflora edulis f. *edulis* (Gulupa)	25	40% (10h tras antesis)	14% (3,5h tras antesis)	2% (0,5 h tras antesis)	122,05	1,0 - 35,3 - 32,1	
Passiflora ligularis (Granadilla)	32	32,3% (10,5h tras antesis)	---	---	3603,44	0,392 - 0,443 - 0,352	
Passiflora maliformis (Cholupa)	11	36,4% (4h tras antesis)	36,4% (4h tras antesis)	4,5% (0,5 h tras antesis)	400	0,484 - 0,558 - 0,462	
Passiflora tripartita var. *mollissima* (Curuba)	36-72	Entre 27,8% (10h tras antesis y ciclo de 36 horas) y 13,9% (10h tras antesis y ciclo de 72 horas)	Entre 27,8% (10h tras antesis y ciclo de 36 horas) y 13,9% (10h tras antesis y ciclo de 72 horas)	11,1% (4h tras antesis)	272,58	0,92 - 19,50 - 26,67	El ciclo floral de la curuba presenta un patrón completamente asincrónico, tanto en duración de la antesis, momento de dehiscencia y movimientos de los pétalos, anteras y estigmas.

Se midieron, tanto el volumen y la concentración del néctar producido, para las cuatro especies y se encontró que la cholupa es la que más produce néctar (400 microlitros en el ciclo floral), pero más diluido, mientras que la gulupa, aunque produce menos volumen (122 microlitros) su néctar es sumamente concentrado. Todas las especies presentaron una concentración mayor en el momento de máxima apertura.

Biología reproductiva

Los resultados de las pruebas de biología reproductiva (Tabla 18.2) indican que la cholupa (*P. maliformis*) es completamente autoincompatible, igual que el maracuyá. De las otras tres especies estudiadas, aunque autocompatibles bajo polinizacion manual, la gulupa (*P. edulis*) (33%) (Ángel-Coca *et al.*, 2011) y la curuba (*P. tripartita* var. *mollissima*) (6,2%) fueron las únicas capaces de formar frutos sin el servicio de un polinizador, pero con un porcentaje muy bajo de cuajamiento de frutos en comparación con la polinización natural mediada por polinizadores (93% - *P. edulis*; 78,33% - *P. tripartita*). Resalta el hecho que, perteneciendo a la misma especie taxonómica, la gulupa es autocompatible en tanto que, como ya se había anotado, el maracuyá no lo es.

Tabla 18.2 Resultados de biología reproductiva para las cuatro especies de pasifloras con diferentes tratamientos de polinización. *Los frutos por apomixis se forman a los 10 días sin embargo, no son viables (4,35% de formación final de frutos, 1/23).

	Tratamientos (% de cuajamientos)				
Especie Passiflora	Xenogamia	Autogamia	Geitonogamia	Apomixis	Polinización Espontánea
***Passiflora edulis* f. *edulis* (Gulupa)**	87	93	87	0	33
***Passiflora ligularis* (Granadilla)**	86,7	86,7	93,3	0	0
***Passiflora maliformis* (Cholupa)**	71,3	0	28,9	0	0
***Passiflora tripartita* var. *mollissima* (Curuba)**	75	39,13	66,66	17,24*	6,25

Desde la perspectiva de la biología reproductiva básica de estas pasifloras se puede afirmar que la funcionalidad de las flores como órganos reproductivos productores de frutos dependen fuertemente de la intervención de agentes polinizadores y que para la producción agrícola los servicios ecosistémicos de estos animales revisten un gran valor cuantificable en términos de la dependencia efectiva del valor de la cosecha.

Visitantes y polinizadores

La diversidad y frecuencia de visitantes florales en los cultivos donde se realizaron los trabajos de campo se registraron siguiendo los protocolos sugeridos por la Fao (Vaissiere *et al.*, 2011) y parte de los resultados taxonómicos aún se encuentran en revisión (Tabla 18.3).

Los resultados muestran, en primer lugar, que la comunidad de visitantes, especialmente de las abejas, es más diversa en las áreas de tierras más bajas y climas más cálidos. Aunque los datos de la relación de la comunidad de visitantes con la estructura del paisaje se están analizando, en el caso de la gulupa, se puede afirmar que si existe un efecto altitudinal en la composición de visitantes (Medina *et al.*, 2012) en un mismo cultivo.

Tanto en tierras bajas como en áreas más frías es notable la frecuencia de visitas de la abeja común *A. mellifera* a los cultivos. Con frecuencias de más del 74% de visitas fue la especie más registrada, con excepción de un cultivo de gulupa donde apenas alcanzaron un 10 % y estuvieron ausentes completamente durante varios de los muestreos, mostrando así que bajo ciertas circunstancias pueden ser reemplazadas por abejas silvestres.

Tabla 18.3. Visitantes y potenciales polinizadores de cuatro especies de pasifloras.

Especie Passiflora	Taxón superior	Visitantes	Frecuencia de visitas (%)	Recurso	Contacto estructuras sexuales (S/N)	Transporte de Polen	Potencial Polinizador
Passiflora maliformis	Apidae/ Apini	*Apis mellifera*	87,53	Néctar y Polen	No siempre	No siempre	Sí, principalmente en visitas múltiples*
	Apidae/ Xylocopini	*Xylocopa (Neoxylocopa) frontalis*	1,67	Néctar	Sí	Sí	Sí
	Apidae/ Centridini	*Centris flavifrons*	1,71	Néctar	Sí	Sí	Sí
	Apidae/ Centridini	*Centris laticincta*	0,49	Néctar	Sí	Sí	Sí
	Apidae/ Centridini	*Epicharis (Epicharana) sp.*	0,29	Néctar	Sí	Sí	Sí
	Apidae/ Centridini	*Centris (Melacentris) obsoleta*	0,04	Néctar	Sí	Sí	Sí
	Apidae/ Centridini	*Centris vittata*	0,04	Néctar	No siempre	No siempre	ocasionalmente
	Apidae/ Centridini	*Epicharis (Hoplepicharis) sp.*	0,04	Néctar	No siempre	No siempre	ocasionalmente
	Apidae /Eucerini	Morfotipo 1	0,53	Néctar	No siempre	No siempre	ocasionalmente
	Apidae/ Euglossini	*Eulaema nigrita*	2,28	Néctar y Polen	Sí	Sí	Sí
	Apidae/ Euglossini	*Eulaema cingulata*	1,3	Néctar y Polen	Sí	Sí	Sí
	Apidae/ Euglossini	*Eulaema polychroma*	1,02	Néctar y Polen	Sí	Sí	Sí
	Apidae/ Euglossini	*Euglossa (Euglossa) variabilis*	0,04	Néctar	No siempre	No siempre	ocasionalmente
	Apidae/ Euglossini	*Euglossa* sp.	0,04	Néctar	No siempre	No siempre	ocasionalmente
	Halictidae / Augochlorini	Morfotipo 2	0,16	Néctar	No	No	No
	Halictidae / Augochlorini	Morfotipo 1	0,04	Néctar	No	No	No
	Apidae/ Meliponini	*Nannotrigona mellaria*	1,43	Néctar y Polen	No	No	No
	Apidae/ Meliponini	*Trigonisca sp.*	1,14	Néctar y Polen	No	No	No

Especie Passiflora	Taxón superior	Visitantes	Frecuencia de visitas (%)	Recurso	Contacto estructuras sexuales (S/N)	Transporte de Polen	Potencial Polinizador
Passiflora maliformis	Apidae/ Meliponini	*Trigona fulviventris*	0,12	Néctar y Polen	No	No	No
	Apidae/ Meliponini	*Scaptotrigona sp.*	0,04	Néctar y Polen	No	No	No
	Apidae/ Meliponini	*Tetragona sp.*	0,04	Néctar y Polen	No	No	No
	Coleoptera	*Staphylinidae*	Sin información	Refugio/ Néctar	No	No	No
	Vespidae	*Varias especies*	Sin información	Néctar	No	No	No*
	Trochilidae	*Varias especies*	Sin información	Néctar	ocasional-mente	ocasional-mente	Sin información
	Diptera	*Drosophylidae*	Sin información	Refugio/ Néctar	No	No	No
Passiflora ligularis	Apidae/ Apini	*Apis mellifera*	74,5	Néctar y Polen	Sí	Sí	No
	Apidae/ Euglossini	*Eulaema sp.*	0,95	Néctar	Sí	Sin información	Sin información
	Apidae/ Bombini	*Bombus atratus*	10,24	Néctar	Sí	Sin información	Sí
	Apidae/ Xylocopini	*Xylocopa sp1*	6,28	Néctar	Sí	Sin información	Sí
	Apidae/ Xylocopini	*Xylocopa sp2*	0,65	Néctar	Sí	Sin información	Sí
	Apidae/ Eucerini	*Thygater sp.*	6,42	Néctar	Ocasional-mente	Sin información	Sin información
	Apidae/ Euglossini	*Eulaema bombiformis*	0,15	Néctar	Ocasional-mente	Sin información	Sí
	Apidae/ Centridini	*Epicharis sp.*	0,15	Néctar	Sí	Sin información	Sí
	Trochilidae	*Una especie*	0,65	Néctar	No	Sin información	Sí
Passiflora tripartita var. *mollissima*	Apidae/Apini	*Apis mellifera*	85,26	Polen/ Néctar	Si		Si
	Apidae/ Eucerini	*Thygater aethiops*	0,39	Polen/ Néctar	Si		Si
	Apidae/ Xylocopini	*Xylocopa sp.*	1,48	Néctar	No		No
	Apidae/ Bombini	*Bombus atratus*	0,19	Néctar	Si		No
	Halictidae/ Augochlorini	*Augochlora sp.*	0,26	Néctar	No		No
	Coleoptera	*Melyridae*	7,46	Polen/ Néctar	Si		Si
	Vespidae	*Una especie*	1,74	Néctar	Si		ocasionalmente

Especie Passiflora	Taxón superior	Visitantes	Frecuencia de visitas (%)	Recurso	Contacto estructuras sexuales (S/N)	Transporte de Polen	Potencial Polinizador
Passiflora tripartita var. *mollissima*	Trochilidae	*Lesbia nuna*	0,84	Néctar	No	Sin información	No
	Trochilidae	*Chlorostilbon gibsoni*	1,22	Néctar	No	Sin información	No
	Trochilidae	*Coeligena prunellei*	0,58	Néctar	No	Sin información	No
	Thraupidae	*Diglossa sittoides*	0,59	Néctar	No	Sin información	No*
Passiflora edulis f. edulis	Apidae/ Xylocopini	*Xylocopa frontalis*	33	Néctar	Sí	73	Sí
	Apidae/ Xylocopini	*Xylocopa lachnea*	33	Néctar	Sí	73	Sí
	Apidae/ Euglossini	*Eulaema cingulata*	1,7	Néctar	Sí	Sin información	Sin información
	Apidae/ Bombini	*Bombus atratus*	Sin información	Néctar	Sin información	Sin información	Sin información
	Apidae/ Centridini	*Epicharis sp.*	3,6	Néctar	Sí	100	Sí
		Frieseomelita sp.	0,8	Néctar	No	Sin información	Sin información
	Apidae/ Meliponini	*Trigona fulviventris*	4	Néctar	No	Sin información	Sin información
	Apidae/ Meliponini	*Trigona angustula*	1,9	Néctar	No	Sin información	Sin información
	Apidae/ Meliponini	*Trigona amalthea*	2,1	Néctar	Ocasional-mente	Sin información	Sin información
	Apidae/ Meliponini	*Paratrigona eutaniata*	1,3	Néctar	No	Sin información	Sin información
	Apidae/ Meliponini	*Geotrigona sp.*	0,4	Néctar	Sin infor-mación	Sin información	Sin información
	Apidae/ Apini	*Apis mellifera*	10	Néctar y Polen	Sí	53	Sí
			94	Néctar y Polen	Sí	53	Sí
	Vespidae	*Una especie*	Sin información	Néctar	Sin infor-mación	Sin información	Sin información
	Diptera	*Sciaridae*	Sin información	Néctar	No	Sin información	Sin información
	Diptera	*Dapsiops sp.*	Sin información	Néctar	Ocasional-mente	Sin información	Sin información
	Lepidoptera	*Hesperiidae*	0,4	Néctar	No	Sin información	Sin información
	Trochiliformes	*Amazilia tzacatl*	41	Néctar	Ocasional-mente	8	Sí
	Trochiliformes	*Amazilia cyanifrons*	Sin información	Néctar	Ocasional-mente	8	Sí

* Visitantes con reportes de robo de néctar con daños a la flor.

Las abejas domésticas (*A. mellifera*) tienen un porte medio en la escala de los insectos y su comportamiento es variable en su interacción con las flores de las pasifloráceas estudiadas. La mayoría de las veces buscan néctar intentando el acceso a los nectarios por diferentes vías incluso, utilizando lesiones típicas de robo de néctar causadas por aves (curuba) o por otros insectos (cholupa), ya que, por la presencia de una lengua corta, no pueden acceder a ellos. Los recorridos de *A. mellifera* en las flores de las pasifloras no siempre las llevan a realizar contacto con las estructuras reproductivas de la flor y una o pocas visitas no bastan para realizar una polinización efectiva. La importancia de *A. mellifera* en la polinización de estos cultivos radica principalmente en la frecuencia de las visitas, en su presencia en condiciones de alta intervención del paisaje y en condiciones climáticas difíciles de las tierras altas, como en el caso de la curuba (Fig. 18.1) (Jaramillo *et al.*, 2014).



Figura 18.1 *Apis mellifera* visitando una flor de curuba. Nuevo Colón (Boyacá). JC. Jaramillo

Después de las abejas domesticas se encuentran las carpinteras del género *Xylocopa* como los visitantes más asiduos y los polinizadores más efectivos en varios de los cultivos estudiados (Rodríguez *et al.*, 2013). Estas abejas y otras de porte grande como las abejas del aceite de los géneros *Centris* y *Epicharis* y las abejas de las orquídeas del género *Eulaema,* logran hacer contacto con las anteras y con la superficie estigmática de estas grandes flores asegurando la polinización completa con tan solo una visita como se pudo comprobar en algunos casos (Ospina-Torres *et al.,* 2010; Rodríguez-C, 2014).

También se registraron otras abejas silvestres de menor porte, entre ellas, las abejas sin aguijón (tribu Meliponini) comúnmente llamadas angelitas; la mayoría de estos registros fueron en cultivos de tierras bajas, sin embargo, se reporta una menor frecuencia en sus visitas y no son consideradas polinizadores efectivos porque su tamaño no les permite actuar como tales (Rodríguez-C, 2014; Rodríguez-C *et al.*, 2015).

Entre los visitantes más notables de estos cultivos están los colibríes. Se registró la presencia de varias especies, especialmente en la curuba, pero según las observaciones realizadas en campo, no se les adjudicó un papel en la polinización. Aunque son asiduos consumidores de néctar y muchas veces presentan comportamiento territorial sobre las flores del cultivo, desplazando por ejemplo a *Xylocopa*, no entran en contacto con las estructuras reproductivas de las flores tubulares. En el caso de la curuba las tres especies registradas actúan como robadores secundarios, y utilizan las lesiones ocasionadas en la cámara de néctar por las aves del género *Diglossa*, quienes se especializan en ese tipo de alimentación y son muy frecuentes en las tierras altas de los Andes colombianos. Cabe resaltar que en este estudio no se registró la presencia del polinizador natural de la curuba el colibrí *Ensifera ensifera* (Linderberg y Olesen, 2001).

REFERENCIAS

Ángel-Coca C, Nates-Parra G, Ospina-Torres R, Melo CD. Biología floral y reproductiva de la gulupa (*Passiflora edulis* sims F. *edulis*). Caldasia. 2011; 33 (2): 433-451.

Calle Z, Guariguata M, Giraldo E, Chará J. La producción de maracuyá (*Passiflora edulis*) en Colombia: perspectivas para la conservación de hábitat a través del servicio de polinización. Interciencia. 2010; 35(3): 207-212.

Camillo E. Polinização do maracujá. Holos Editora, Ribeirão Preto. SP. Brasil, 2003; 44.

Coppens D'eeckenbrugge G. Exploração da diversidade genética das passifloras. En: Sexto Simpósio Brasileiro sobre a Cultura do Maracujazeiro. 24–27 nov. Campos de Goytacazes, Brasil. 2003.

Henao MM. Biología floral y reproductiva de la cholupa *Passiflora maliformis* (Passifloraceae) (trabajo de grado]. Bogotá: Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia; 2013. 41 p.

Jaramillo-Silva JC, Ospina-Torres R, Nates-Parra G. Visitantes y polinizadores de cultivos promisorios: curuba (*Passiflora tripartita var. mollissima*) (Holm-Nielsen y Jørgensen) (1988). Informe final de Joven Investigador Colciencias (2012-2013). 2014. 33 p.

Linderberg A, Olesen J. The fragility of extreme specialization: *Passiflora mixta* and its pollinating hummingbird *Ensifera ensifera*. J. Trop Ecol. 2001; 17: 323-329.

Medina J, Ospina R, Nates-Parra G. Efecto de la variación altitudinal sobre la polinización en cultivos de gulupa (*Passiflora edulis* f. *edulis*). Acta Biolo Colomb. 2012; 17(2), 381–395.

Ocampo J, Coppens G, Restrepo M, Jarvis A, Salazar M, Caetano C. Diversity of Colombian Passifloraceae: biogeography and an updated list for conservation. Biota Colomb. 2007; 8: 1–45.

Ocampo J, Coppens D'eeckenbrugge G, Jarvis A. Distribution of the genus *Passiflora* L. Diversity in Colombia and its potential as an indicator for biodiversity management in the coffee growing zone. Diversity. 2010; 2(11): 1158-1180.

Ospina-Torres R, Medina J, Ramirez R, Nates-Parra G, Amaya M, Melo D, Angel C. Eficiencia de las abejas polinizadoras de los cultivos de gulupa (*Passiflora edulis* Sims) y granadilla (*Passiflora ligularis* Juss) en Buenavista, Boyacá, Colombia. Memorias I congreso Latinoamericano de Passiflora, Neiva, Huila, Colombia, 2010; 70

Rodríguez-C AT. Requerimientos y valor económico del servicio de polinización prestado por abejas en dos frutales promisorios colombianos, (Champa *Campomanesia lineatifolia* Ruiz & Pav. y Cholupa *Passiflora maliformis* L.) (tesis de maestría]. Bogotá: Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia; 2014; 121 p.

Rodríguez-C AT, Chamorro FJ, Calderón LV, Pinilla MS, Henao MM, Ospina R, Nates-Parra G. Polinización por abejas en cultivos promisorios de Colombia: Agraz (*Vaccinium meridionale*), Chamba (*Campomanesia lineatifolia*) y Cholupa (*Passiflora maliformis*). Laboratorio de Investigaciones en Abejas, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. 2015. 145 p.

Rodríguez-C A, Ospina R, Nates-Parra G. Importancia de las abejas para cholupa (*Passiflora maliformis* L.) en Rivera Huila Colombia. II Congreso Latinoamericano de Pasiflora. Neiva-Huila-Colombia. 2013. Sin publicar

Vaissiere B, Freitas BM, Gemmill-Herren B. Protocol to detect and assess pollination deficits in crops: a handbook for its use. Food and Agriculture Organization of the United Nations (Fao). Roma, Italia. 2011; 72.

CAPÍTULO 19

LA APICULTURA COMO ALTERNATIVA DE USO NO MADERABLE DE LOS BOSQUES ANDINOS CON ROBLE EN LA CORDILLERA ORIENTAL DE COLOMBIA

Fermín J. Chamorro M. Sc.
Laboratorio de Investigaciones en Abejas-LABUN, Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá. *ferminchamorro@gmail.com*

INTRODUCCIÓN

Dentro de la flora utilizada por las abejas melíferas manejadas (apicultura) como fuente de néctar, polen, resinas o mielato, se encuentran árboles, arbustos y palmas que habitan en bosques naturales y en otras áreas forestales, por tal razón los productos apícolas (miel, polen, propóleo) tienen el potencial de ser catalogados como subproductos de los bosques y promoverse como productos forestales no maderables (PFNM)[1]. Igualmente, la apicultura puede contribuir a través de la polinización con la regeneración de las coberturas naturales y con la producción de frutos silvestres que son aprovechados por las comunidades rurales y que también se consideran subproductos de los bosques (Fig. 19.1).

El reconocimiento de los productos apícolas como PFNM y de impactos positivos como la polinización, permite considerar la apicultura como una alternativa de uso no maderable que puede ser integrada al manejo y conservación de especies forestales y de los ecosistemas donde éstas habitan (Porter-Bolland, 2003; Sande *et al*. 2009; Raina *et al*., 2011; Luz y Barth, 2012). Si la apicultura tiene una directa relación con las coberturas boscosas, se puede convertir en una herramienta práctica que sensibilice a las comunidades sobre el valor de la biodiversidad, favoreciendo la inclusión de prácticas de conservación del bosque como parte del manejo apícola (e.g. reforestación con plantas nativas de interés apícola) (Porter-Bolland, 2003; Bradbear, 2009). Asimismo, los productos apícolas con origen botánico en los bosques pueden llegar fácilmente a los mercados, teniendo en cuenta las tendencias actuales hacia el consumo de productos naturales y amigables con el ambiente (Rodríguez, 2006; Bradbear, 2009) (Fig. 19.1).

1 Los PFNM son productos de origen biológico distintos de la madera, procedentes de los bosques, otras superficies boscosas y de árboles de fuera de los bosques (Fao, 2014).

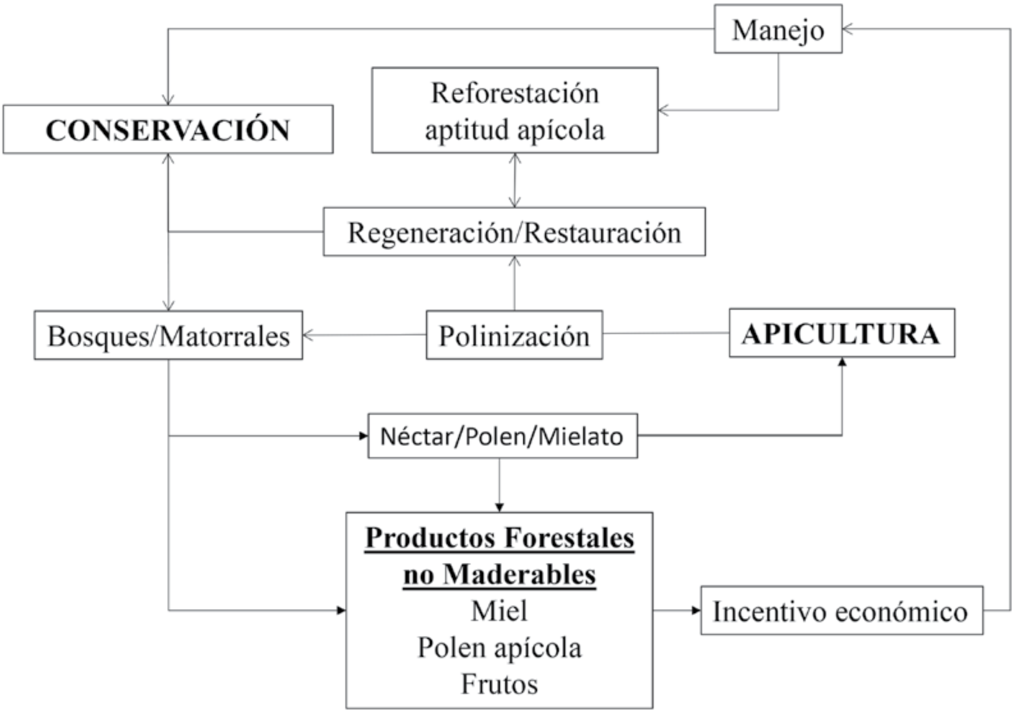


Figura 19.1. Marco conceptual para analizar el potencial de la apicultura como alternativa de uso no maderable de los bosques.

Con base en lo anterior, en este capítulo se analiza el potencial de la apicultura como alternativa de uso no maderable para los bosques andinos con roble en la Cordillera Oriental de Colombia (Fig. 19.2). Estos ecosistemas se reconocen como prioritarios para adelantar acciones de manejo y conservación, debido entre otros aspectos, a que constituyen el hábitat para el roble *Quercus humboldtii* Bonpl. (Fagaceae), especie en estado vulnerable y con veda nacional para su aprovechamiento forestal (Rodríguez *et al.*, 2005; Salinas y Cárdenas, 2007). Los PFNM se consideran un tema central para consolidar estas acciones, ya que las comunidades locales han incorporado el uso del bosque a sus sistemas de vida, ayudando a fortalecer su base económica y/o alimentaria (Ariza *et al.*, 2010). El potencial de la apicultura como actividad productiva compatible con la conservación de los bosques de roble de esta región ha sido reconocido por diferentes autores (Cárdenas *et al.*, 2000; Avella, 2008; Joya y Daza, 2010; Chamorro *et al.*, 2013a; 2013b).

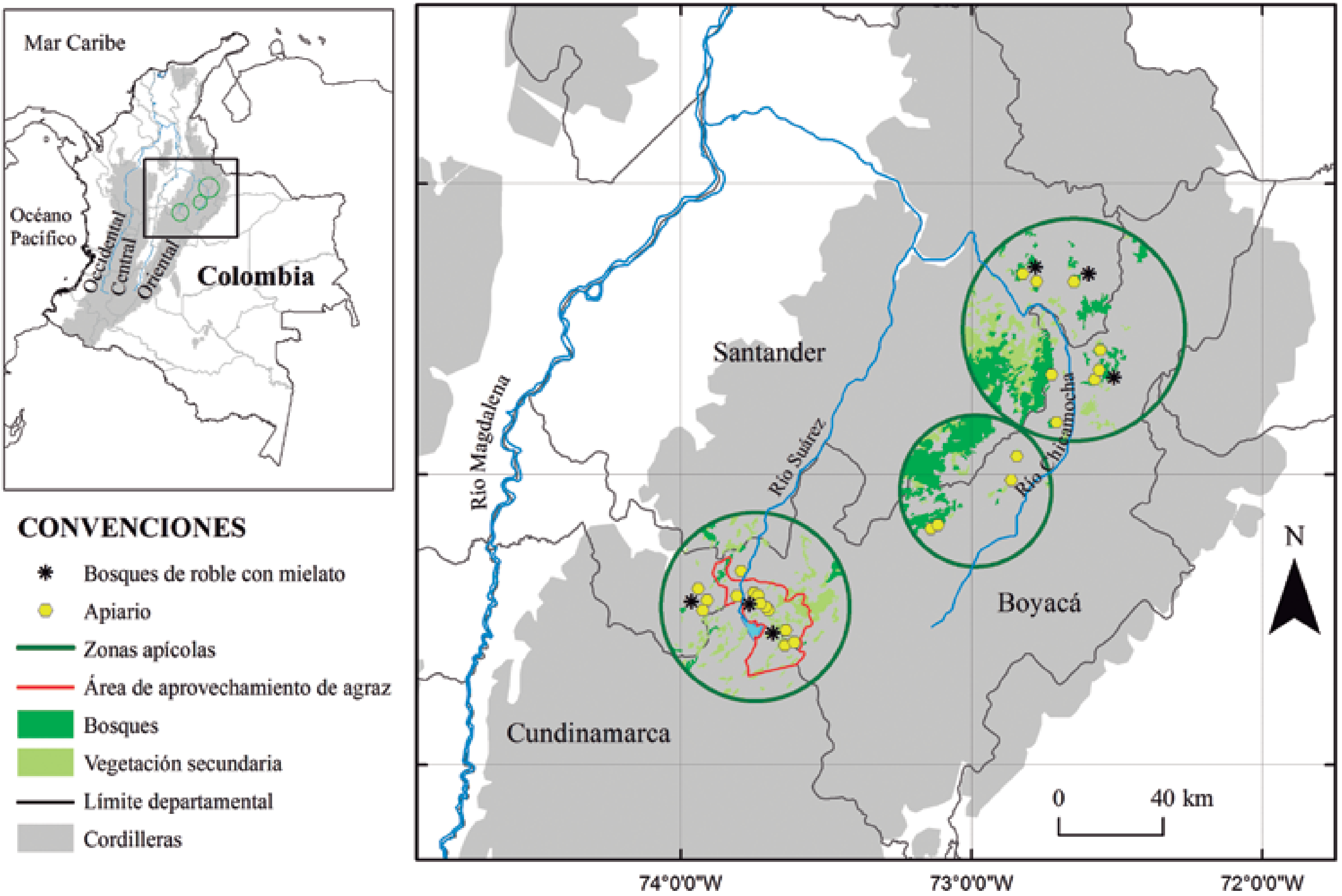


Figura 19.2. Localización de bosques andinos con roble con potencial para ser aprovechados mediante la apicultura.

MIEL Y POLEN CON ORIGEN BOTÁNICO EN LOS BOSQUES ANDINOS

Para considerar a la miel y el polen como PFNM, es necesario que se conozca cómo contribuyen los bosques y las áreas forestales a la producción apícola (composición y características de los productos), pues la miel y el polen no siempre provienen de áreas boscosas y las zonas agrícolas pueden llegar a ser igualmente productivas (Porter-Bolland, 2003). A medida que se va dando la oferta temporal de recursos (florales y/o no florales), las abejas los seleccionan según calidad, cantidad y accesibilidad, desplazándose a diferentes distancias, direcciones y coberturas vegetales. Uno de los métodos más confiables para distinguir qué recursos alimenticios están siendo sólo visitados por las abejas, de aquellos que están siendo realmente explotados de una manera significativa, es mediante el análisis palinológico de los productos apícolas, el cual además de certificar el origen botánico y geográfico de los productos, aporta información sobre la flora apícola (plantas de cosecha, plantas de sostenimiento).

Estudios palinológicos de miel y polen en la cordillera oriental (Bogotá *et al*., 2001; Montoya, 2011, Chamorro *et al*., 2013a; 2013b, Nates-Parra *et al*., 2013) muestran que la producción apícola está basada principalmente en plantas introducidas: *Brassica* spp., *Eucalyptus*, *Hypochaeris radicata*, *Raphanus raphanistrum*, *Trifolium pratense* y *Trifolium repens*. No obstante, el sostenimiento de los apiarios y cosechas particulares de miel y polen dependen en gran parte de la oferta de néctar, mielato y polen de árboles o arbustos nativos en los bosques y matorrales naturales (Tabla 19.1) (Fig. 19.3).

Tabla 19. 1. Plantas en bosques y matorrales andinos de importancia apícola en la cordillera oriental.

Familia	Especie	Nombre común	Recurso	Importancia Apícola[2]
Adoxaceae	*Viburnum* spp.	Chuque	Polen	Cosecha/ Sostenimiento
Aquifoliaceae	*Ilex kunthiana*	Palo mulato	Néctar	Sostenimiento
Araliaceae	*Oreopanax* spp.	Mano de oso	Néctar/Polen	Sostenimiento
Asteraceae	*Baccharis* spp.	Chilco	Néctar/Polen	Cosecha/ Sostenimiento
Astearaceae	*Pentacalia ledifolia*	Guasgüín	Néctar/Polen	Sostenimiento
Asteraceae	*Verbesina crassiramea*	Camargo, Pauche	Néctar/Polen	Cosecha
Bromeliaceae	*Puya* spp.	Puya	Polen	Sostenimiento
Clethraceae	*Clethra fimbriata*	Manzano	Néctar	Sostenimiento
Clusiaceae	*Clusia mulfiflora*	Gaque	Resina/Polen	Sostenimiento
Cunoniaceae	*Weinmannia tomentosa*	Encenillo	Néctar/Polen	Cosecha/ Sostenimiento
Elaecarpaceae	*Vallea stipularis*	Raque	Néctar/Polen	Cosecha/ Sostenimiento

Familia	Especie	Nombre común	Recurso	Importancia Apícola[2]
Ericaceae	*Vaccinium meridionale*	Agraz	Néctar	Cosecha/ Sostenimiento
Fagaceae	*Quercus humboldtii*	Roble	Mielato/Polen	Cosecha/ Sostenimiento
Hypericaceae	*Hypericum strictum*	Chite	Polen	Cosecha/ Sostenimiento
Loranthaceae	*Gaiadendron punctatum*	Tagua	Néctar	Cosecha/ Sostenimiento
Melastomataceae	*Miconia squamulosa*	Tuno	Néctar	Cosecha/ Sostenimiento
Melastomataceae	*Miconia ligustrina*	Tuno	Néctar	Cosecha/ Sostenimiento
Myricaceae	*Morella parvifolia*	Laurel de cera	Polen	Cosecha/ Sostenimiento
Myrtaceae	*Myrcianthes leucoxyla*	Arrayán	Néctar/Polen	Sostenimiento
Polygonanceae	*Muehlenbeckia tamnifolia*	Bejuco colorado	Polen	Cosecha/ Sostenimiento
Primulaceae	*Myrsine* spp.	Cucharo	Polen	Sostenimiento
Rosaceae	*Rubus* spp.	Mora	Néctar/Polen	Cosecha/ Sostenimiento
Rosaceae	*Hesperomeles goudotiana*	Mortiño	Néctar/Polen	Sostenimiento
Saxifragaceae	*Escallonia paniculata*	Mangle	Néctar	Cosecha
Saxifragaceae	*Escallonia pendula*	Tobo	Néctar	Cosecha
Symplocaceae	*Symplocos theiformis*	Queso fresco	Néctar	Cosecha/ Sostenimiento

Con respecto a la producción de miel, se destacan la oferta de néctar de especies como *Escallonia paniculata*, *Escallonia pendula*, *Miconia squamulosa*, *Vaccinium meridionale*, *Vallea stipularis* y *Weinmannia* spp. Estas especies son frecuentes y abundantes en los bosques y/o matorrales andinos y dan origen a mieles monoflorales, biflorales y/o multiflorales, pero su importancia melífera depende de su abundancia regional. Por ejemplo, hay un mayor potencial de producción de miel monofloral de *E. pendunla* para la región del medio Chicamocha, dado que la especie fue sembrada masivamente en programas de reforestación (Cárdenas *et al.*, 2000). Asimismo hay un mayor potencial de producción de miel de *Weinmannia* hacia el altiplano Cundiboyacense, donde especies como *W. tomentosa* son abundantes (Cortés, 2003). La importancia melífera del género *Weinmmania* ha sido reconocida en otras regiones del mundo donde se producen mieles con propiedades medicinales como las de *W. trichosperma* de Chile (Montenegro *et al.*, 2008) y *W. racemosa* de Nueva Zelanda

2 Las plantas de cosecha son aquellas que se asocian con los máximos periodos de producción de miel, polen o propóleos (en algunas zonas) y plantas de sostenimiento, son aquellas relacionadas con la permanencia temporal de las poblaciones de abejas manejadas en un área determinada.



Figura 19.3. Plantas de los bosques de roble y matorrales andinos visitadas por *Apis mellifera*. A. *Gaiadendron punctatum*, B. *Miconia squamulosa*, C. *Rubus* sp. D. *Symplocos theiformis*, F. *Vaccinium meridionale*, G. *Weinmannia tomentosa*. Foto: FJ. Chamorro

(Moar, 1985). Finalmente, hay un mayor potencial de producción de miel de *V. meridionale* (agraz), hacia el occidente de Boyacá y Norte de Cundinamarca, donde las comunidades han conservado las áreas donde crece la especie para el aprovechamiento de sus frutos (más información en la siguiente sección) (Fig. 19.2).

Otra fuente importante de azúcares para la producción de miel en la Cordillera Oriental es el mielato excretado por el insecto escama *Stigmaccosus asper* (Hemiptera: Stimacoccidae) (Chamorro *et al*., 2013b) (Fig. 19.4). Este insecto se encuentra debajo de la corteza de la árboles de roble (*Q. humboldtii*) y con sus estiletes (aparato bucal), perfora y succiona la savia que es transportada por el floema. El mielato (exceso de azúcares tomado del floema) lo elimina a través de un filamento ceroso hueco conectado a su ano. Las abejas recolectan el mielato que cae sobre el tronco de los árboles de roble o directamente en vuelo y lo transforman y almacenan de la misma forma que el néctar. Los apicultores denominan a la miel procedente del mielato como "miel de roble", la primera miel de origen no floral en Colombia (Chamorro *et al*., 2013b). Además presenta capacidad antioxidante y antibacteriana comparable con mieles de mielato de otros países y un contenido de fenoles totales superior al ser comparadas con mieles de néctar (Gamboa, 2014). Se ha registrado producciones de miel de roble en el occidente de Boyacá y medio Chicamocha (Boyacá y Santander) (Fig. 19.2).



Figura 19.4. Excreción de mielato en árboles de roble (*Quercus humboldtii*). A y B. Acercamiento al tronco de un roble infestado por numerosos individuos de Stigmacoccus asper (Hemiptera: Stigmacoccidae). Cada filamento que sale del tronco corresponde a un individuo. C. Abejas melíferas recolectando mielato de un tronco de roble.

Además de la miel, los apicultores de zonas altas (2.500-3.200 msnm) en la cordillera oriental han identificado que los bosques andinos son muy buenos productores de polen, con registro de hasta 36 kg de polen por colmena/año, una de los niveles más alto del mundo (Martínez, 2006). Dentro de las especies de los bosques andinos y de matorrales asociados a estos, que se han registrado como importantes para las cosechas de polen se encuentran *Q. humboldtii*, *Morella parvifolia*, *Viburnum* (*V. tinoides*, *V. triphyllum*), *V. stipularis* y *Weinmannia tomentosa* (Chamorro *et al*., 2013a). De las anteriores es de particular interés *Q. humboldtii*, especie dominante en los bosques andinos y con potencial para la producción de polen monofloral. Las abejas recolectan el polen de roble de forma frecuente y en abundancia, debido a la gran cantidad de flores y polen que producen estas plantas y que facilitan la recolección del recurso de forma eficiente (Chamorro *et al*., 2013a).

POLINIZACIÓN DE PLANTAS EN EL MEDIO NATURAL

A excepción de *V. meridionale,* no hay estudios específicos que evalúen la importancia de la abeja melífera como polinizador de plantas silvestres en la cordillera oriental ni en Colombia. Se ha encontrado que *A. mellifera* es un polinizador eficiente de *V. meridionale*, ya que con una sola visita de una abeja hay formación de fruto (Chamorro, 2014). Además se ha estimado que *A. mellifera* contribuye con cerca del 50% de la polinización de *V. meridionale* en el occidente de Boyacá y Norte de Cundinamarca (Pinilla y Nates-Parra, 2015). Igualmente, se ha sugerido que la presencia de colmenas podría favorecer la polinización cruzada y disminuir la tasa de autogamia (geitonogamia) en *V. meridionale*, dado que el néctar disponible disminuye rápidamente, lo que obligaría a los polinizadores a tener que moverse entre plantas y parches con mayor frecuencia en la búsqueda de recursos, y de estar forma aumentaría el flujo de polen (Chamorro, 2014). Esto es gran relevancia para la reproducción de la especie, dado que se ha registrado una fuerte depresión por endogamia manifestada en altas tasas de aborto de frutos producidos por autogamia, a diferencia de los frutos provenientes de polinización cruzada que son retenidos por las plantas desde su formación (Chamorro y Nates-Parra, 2015).

Otras plantas silvestres que podrían beneficiarse de la presencia de colmenas son especies de la familia Asteraceae (*Baccharis*, *Pentacalia*, *Verbesina*) y Rosaceae (*Rubus*, *Hesperomeles*). Son plantas visitadas de forma frecuente por *A. mellifera* en la cordillera oriental (Montoya, 2011; Chamorro *et al*., 2013a; 2013b; Nates-Parra *et al*., 2013) y durante la recolección de néctar y polen las abejas entran en contacto fácilmente con las estructuras reproductivas (estigma y estambres) de las flores (Chamorro, obs. pers.) (Fig. 19.3). Para el caso de las asteráceas, aunque algunas especies aseguren su reproducción por autopolinización, se ha registrado que la producción de frutos se incrementa con la polinización natural (Torres y Galetto, 2008). Asimismo, para la especie cultivada *Rubus glaucus*, se obtuvo una producción de frutos de 98,9% cuando las flores estuvieron expuestas a polinizadores y de 69,2% cuando éstos fueron excluidos (Vásquez *et al*., 2006).

El conocimiento del impacto ecológico de *A. mellifera* sobre la reproducción de plantas silvestres nativas (Tabla 19.1), es de gran relevancia para la valoración de la apicultura como alternativa no maderable para los bosques andinos, dado que especies como *Hesperomeles goudotiana*, *Rubus* spp., *Symplocos theiformis*, *V. stipularis*, *V. meridionale* y *Viburnum* spp., son protectoras de quebradas, inductoras de matorrales y de bosques de roble (Aguilar, 2009). Además algunas de las especies mencionadas también producen frutos aprovechados por las comunidades rurales con fines alimenticios o medicinales: *V. stipularis* (tinte, medicinal), *Vaccinium meridionale* (alimento), *Rubus* y *Hesperomeles* (alimento) (Ariza e*t al.*, 2010). Por lo tanto, la contribución de *A. mellifera* a su polinización también permitiría el sostenimiento de otras formas de uso no maderable de los bosques andinos con roble, algunas con potencial económico (promisorias) como el agraz y las moras silvestres (Cancino-Escalante *et al.*, 2011; Ligarreto, 2009). En el caso del agraz, las comunidades rurales recolectan sus frutos para su posterior comercialización en plazas de mercado locales o venta a intermediarios. Los frutos se usan para elaborar productos como postres, vinos y mermeladas y se ha determinado que presentan comprobadas propiedades nutracéuticas, principalmente antioxidantes. Además los frutos de *V. meridionale* tienen un alto potencial de exportación, ya que esta especie ha sido incluida en la lista de ingreso al mercado de los Estados Unidos de América (Ligarreto, 2009).

LIMITACIONES

La apicultura se presenta como una actividad productiva con un alto potencial para ser integrada a los planes de manejo y conservación de los bosques de roble en la cordillera oriental. No obstante, para que este potencial se pueda desarrollar se hace necesario identificar y evaluar sus posibles limitaciones desde una perspectiva ecológica. Al respecto uno de los principales puntos a analizar es la condición de exótica de la abeja melífera y sus posibles impactos tanto en la flora como en la fauna nativa. Además las abejas que se manejan en la cordillera oriental y en general en Colombia, son en menor o mayor grado abejas africanizadas. En el neotrópico la dispersión y colonización de esta abeja se considera uno de los casos de invasión más dramáticos (Moritz *et al.*, 2005) y uno de los principales factores o motores de pérdida de biodiversidad a nivel mundial es la invasión de especies exóticas.

El impacto ecológico de la abeja melífera africanizada en el neotrópico es un tema de constante revisión (Paini, 2004; Moritz *et al.*, 2005; Roubik, 2009), ya que los impactos pueden ser positivos, negativos o neutros y no es posible generalizarlos para todas las regiones y ecosistemas. Roubik (2009) analizó datos experimentales de más de quince años de tres lugares de Sur América (Quintana Roo, México; Barro Colorado, Panamá; Guayana Francesa) y encontró que el impacto de la invasión de la abeja africanizada no es negativo, al contrario, la abundancia de ciertas abejas solitarias ha aumentado después de su establecimiento, atribuyéndose esta situación a que ha aumentado la abundancia de plantas utilizadas por estas abejas producto de un mayor éxito reproductivo. Santos

et al. (2012) sugieren que el efecto neto de la abeja africanizada sobre las redes locales de polinización puede ser negativo, ya que es improbable que esta especie tan generalista polinice todas las especies efectivamente. Sin embargo, se aclara que eliminando o exterminando la abeja africanizada de comunidades locales no es la mejor acción, pues están profundamente integradas en las redes locales y pueden ser importantes si las abejas nativas se han extinguido por factores como fragmentación y pérdida de hábitat.

Un aspecto importante en el análisis de los impactos de la abeja melífera sobre la biodiversidad es la distinción entre el impacto de las abejas melíferas silvestres y las melíferas manejadas. La instalación de un apiario podría afectar la supervivencia de poblaciones de abejas nativas, debido a una posible disminución de la cantidad de alimento disponible causado por altas densidad de abejas melíferas (según el manejo apícola, una colmena puede tener de 10.000 a 50.000 abejas) (Paini, 2004). Por otra parte, una mayor densidad de abejas melíferas podría favorecer la dispersión de plantas invasoras, al incrementar su éxito reproductivo (mayor producción de frutos y semillas) por una elevada tasa de polinización facilitada por las abejas (Gross *et al.*, 2010). Una de las plantas invasoras que se considera una verdadera amenaza para los ecosistemas de alta-montaña de la cordillera oriental es *Ulex europaeus* (Fabaceae), de origen mediterráneo (Velasco-Linares y Vargas, 2008). Se conoce que la especie es visitada por *A. mellifera* (Chamorro *et al.*, 2013a), pero no se han realizado estudios sobre su efecto en la polinización. Aunque en su área de distribución natural *A. mellifera* es uno de los principales polinizadores (Bowman *et al.*, 2008).

Finalmente, otro aspecto a considerar es la importancia ecológica del mielato. Este recurso en los bosques de roble de la cordillera oriental es consumido por *Parapartamona zonata*, (abeja sin aguijón endémica), avispas y colibríes (Chamorro *et al.*, 2013b). Entonces, un aumento en la densidad de abejas por la instalación de más colmenas cerca de los bosques puede reducir la disponibilidad del recurso para la fauna nativa, para quienes el mielato podría ser un recurso alimenticio importante. Se ha registrado que altas densidades de avispas sociales (*Vespula* spp.) reducen en más de 90% la disponibilidad de mielato en bosques de Nueva Zelanda, lo cual ha afectado el comportamiento de la fauna nativa con potenciales en su supervivencia y éxito reproductivo (Beggs 2001).

SÍNTESIS Y CONSIDERACIONES FINALES

Existe un alto potencial para la promoción de la miel y el polen como productos no maderables de los bosques de roble, gracias a que los recursos de estos ecosistemas son significativamente explotados por las abejas. Estos resultados permiten proponer diversos productos directamente relacionados con los bosques de roble como miel de roble, polen apícola de roble y miel de encenillo. En ese sentido se hace necesario aumentar el conocimiento de la potencialidad melífera y polinífera de las diferentes especies de plantas, con el fin de establecer estrategias de manejo dirigidas hacia la diferenciación de estos productos

y al sostenimiento de su producción. No obstante, las comunidades rurales deben recibir apoyo y capacitación constante para mejorar el manejo productivo y comercialización de productos, lo que ayudaría que la miel y polen obtenidos pueden llegar a los mercados.

La valoración de la apicultura como alternativa de uso no maderable de los bosques de roble, se fortalece con la vinculación de dos productos (polen apícola y miel de mielato) a *Q. humboldtii* (especie representativa de los bosques andinos) y con la identificación de que las abejas se encuentran usando plantas nativas de importancia ecológica para la regeneración de estos ecosistemas. Es necesario continuar con investigaciones que identifiquen el aporte específico de las abejas manejadas a la polinización de plantas en áreas naturales asociadas a los bosques de roble. Este conocimiento, en el contexto nacional, permitirá valorar a la apicultura como servicio ambiental a través la polinización. Para realizar una evaluación adecuada de este potencial, se requiere ampliar el conocimiento sobre el sistema reproductivo de las plantas nativas, ya que el impacto de cualquier polinizador sobre el éxito reproductivo de una planta se relaciona con su grado de dependencia de la polinización cruzada para producir frutos y semillas. Además hay que considerar los potenciales impactos de la instalación de apiarios sobre las redes de polinización nativas y exóticas. En ese sentido es recomendable mantener una apicultura con bajas densidades de colmenas ya que es menos probable que tengan un impacto fuerte sobre los polinizadores nativos, y puede contribuir a través de la polinización, con el sostenimiento de otras formas de uso no maderable de los bosques andinos con roble, como son algunos frutales silvestres promisorios.

AGRADECIMIENTOS

A la profesora Guiomar Nates Parra por motivarme a escribir este capítulo.

REFERENCIAS

Aguilar M. Diagnóstico de estado del Vivero "El Robledal", Reserva Forestal El Robledal, Vereda Gachetá Alto, Guachetá, Cundinamarca. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt; 2009. p. 10-13.

Ariza W, Huertas C, Hernández A, Gelvez J, González J, L***ópez*** L. Caracterización y usos tradicionales de productos forestales no maderables (PFNM) en el Corredor de Conservación Guantiva-La Rusia-Iguaque. Colombia Forestal. 2010;13(1):117-140.

Avella A. Lineamientos para la conservación y uso sostenible de los bosques de roble del corredor Guantiva-La Rusia-Iguaque (Departamento de Santander y Boyacá). Bogotá: Fundación Natura; 2008. p. 56-57.

Beggs JR. The ecological consequences of social wasps (*Vespula* spp.) invading an ecosystem that has an abundant carbohydrate resource. Biol Conserv. 2001;99:17-28.

Bogotá RG, Rangel-CH JO, Jiménez LC. Análisis palinológico de mieles de tres localidades de la Sabana de Bogotá. Caldasia. 2001;23(2):455-465.

Bowman G, Tarayre M, Atlan A. How is the invasive gorse *Ulex europaeus* pollinated during winter? A lesson from its native range. Plant Ecol. 2008;197:197-206.

Bradbear N. Bees and their roles in forest livelihoods: A guide to the services provided by bees and the sustainable harvesting, processing and marketing of their products. Series non-wood forest products 19. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations (Fao). 2009. 194 p.

Cancino-Escalante G, Sánchez-Montaño L, Quevedo-García E, Díaz-Carvajal C. Caracterización fenotípica de accesiones de especies de *Rubus* L. de los municipios de Pamplona y Chitagá, Región Nororiental de Colombia. Univ Sci. 2011;16(3):219-233.

Cárdenas F, Devia CA, Cordero H, Farah MA, Rojas A, Herrera JC, *et al*. La Conservación y la producción por parte de las comunidades locales en la cuenca media del Río Chicamocha (Boyacá, Colombia). Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana, Instituto de Estudios Ambientales para el Desarrollo-IDEADE; 2000. p. 36-42.

Chamorro FJ. Influencia de la polinización por abejas sobre la producción y características de frutos y semillas de *Vaccinium meridionale* Sw. (Ericaceae) en los Andes Orientales de Colombia (tesis de maestría). Bogotá: Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia; 2014. p. 33-54.

Chamorro FJ, Bonilla D, Nates-Parra G. El polen apícola como producto forestal no maderable en la Cordillera oriental de Colombia. Colomb For. 2013a;16(1):53-66.

Chamorro FJ, Nates-Parra G, Kondo T. Mielato de *Stigmacoccus asper* (Hemiptera: Stigmacoccidae): recurso melífero de bosques de roble en Colombia. Rev Colomb Entomol. 2013b;39(1):61-70.

Chamorro FJ, Nates-Parra. Biología floral y reproductiva de *Vaccinium meridionale* (Ericaceae) en los Andes orientales de Colombia. Rev Biol Trop. 2015;63(4):1197-1212.

Cortés S. Estructura de la vegetación arbórea y arbustiva en el costado oriental de la Serranía de Chía (Cundinamarca, Colombia). Caldasia. 2003;25(1):119-137.

Gamboa MV. Estudio e identificación de características de composición y bioactividad propias de miel de mielato de *Apis mellifera* (Tesis de Maestría). Bogotá: Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia; 2014. 187 p.

Gross CL, Gorrell L, Macdonald MJ, Fatemi M. Honeybees facilitate the invasion of *Phyla canescens* (Verbenaceae) in Australia-no bees, no seed!. Weed Res. 2010;50:364-372.

Joya LS, Daza E. La apicultura como sistema productivo y de conservación de los robledales en Carcasí-Santander. En: Asociación Colombiana de Zoología, editores. Libro de resúmenes, III Congreso Colombiano de Zoología: Creando un clima para el cambio: La biodiversidad, servicios para la humanidad. Medellín: Asociación Colombiana de Zoología; 2010. p.54.

Ligarreto GA, editor. Perspectivas del cultivo de agraz o mortiño (*Vaccinium meridionale* Swartz) en la zona altoandina de Colombia. Bogotá: Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia y Colciencias. 2009; 134 p.

Luz CFP, Barth OM. Pollen analysis of honey and beebread derived from Brazilian mangroves. Rev Bras Bot. 2012;35(1):79-85.

Martínez T. Diagnóstico de la actividad apícola y de la crianza de abejas en Colombia. Bogotá: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural-MADR, Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura-IICA; 2006. p.4 y 36.

Moar NT. Pollen analysis of New Zealand honey. New Zeal J Agr Res. 1985;28:39-70.

Montenegro G, Gómez M, Díaz-Forestier J, Pizarro R. Aplicación de la norma chilena oficial de denominación de origen botánico de la miel para la caracterización de la producción apícola. Cien Inv Agr. 2008;35(2):181-190.

Montoya PM. Uso de recursos florales poliníferos por *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) en apiarios de la Sabana de Bogotá y alrededores (Tesis de Maestría). Bogotá: Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia; 2011. 66 p.

Moritz RFA, Härtel S, Neumann P. Global invasions of the western honeybee (*Apis mellifera*) and the consequences for biodiversity. Écoscience. 2005;12:289-301.

Nates-Parra G, Montoya PM, Chamorro FJ, Ramírez N, Giraldo C, Obregón D. Origen geográfico y botánico de mieles de *Apis mellifera* (Apidae) en cuatro departamentos de Colombia. Acta Biolo Colomb. 2013;8(3):427-438.

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (Fao). Productos forestales no maderables (fecha de revisión: mayo de 2014). Disponible en: www.fao.org/forestry/site/6388/es

Paini DR. Impact of the introduced honey bee (*Apis mellifera*) (Hymenoptera: Apidae) on native bees: A review. Austral Ecol. 2004;29:399-407.

Pinilla MS, Nates-Parra G. Visitantes florales y polinizadores en poblaciones silvestres de agraz (*Vaccinium meridionale*) del bosque andino colombiano. Rev Colomb Entomol. 2015;41(1):112-119.

Porter-Bolland L. La apicultura y el paisaje maya. Estudio sobre la fenología de floración de las especies melíferas y su relación con el ciclo apícola en La Montaña, Campeche, México. Mex Stud. 2003;19(2):33-33.

Raina SK, Kioko E, Zethner O, Wren S. Forest habitat conservation in Africa using commercially important insects. Annu Rev Entomol. 2011;56:465-85.

Rodríguez N, Rincón A, Armenteras D, Mendoza H, Umaña AM, Arango N, *et al*. Corredor nororiental de robles: indicadores de estado de la biodiversidad, factores antrópicos asociados y áreas prioritarias de conservación (Serie: Indicadores de Seguimiento y Evaluación de la Política de Biodiversidad). Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt: 2005; 88 p.

Rodríguez M. Oportunidades comerciales para productos apícolas. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt; 2006. 85 p.

Roubik D. Ecological impact on native bees by the invasive Africanized honey bee. Acta Biolo Colomb. 2009;14(2):115-124.

Salinas N, Cárdenas D. Roble: *Quercus humboldtti*. En: Cárdenas D, Salinas N, editores. Libro rojo de plantas de Colombia, Volumen 4, Especies maderables amenazadas, Primera parte (Serie de libros rojos de especies amenazadas en Colombia). Bogotá: Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas (SINCHI), Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial; 2007; p. 23-29.

Sande S, Crewe RM, Raina SK, Nicolson SW, Gordon I. Proximity to a forest leads to higher honey yield: Another reason to conserve. Biol Conserv. 2008;142(11):2703-2709.

Santos G, Aguiar CML, Genini J, Martins C, Zanella F, Mello M. Invasive Africanized honeybees change the structure of native pollination networks in Brazil. Biol Invasions. 2012;14(11):2369-2378.

Torres C, Galetto L. Importancia de los polinizadores en la reproducción de Asteraceae de Argentina Central. Acta Bot Venez. 2008; 31(2):473-494.

Vásquez R, Ballesteros H, Muñoz C, Cuellar M. Utilización de la abeja *Apis mellifera* como polinizador en cultivos comerciales de fresa (*Fragaria chiloensis*) y mora (*Rubus glaucus*) y su efecto en la producción. Bogotá: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica); 2006. 78 p.

Velasco-Linares P, Vargas O. Problemática de los bosques altoandinos. En: Vargas O, editor. Estrategias para la restauración ecológica del bosque altoandino: El caso de la Reserva Forestal Municipal de Cogua, Cundinamarca. Bogotá: Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia; 2008. p. 41-56.

CONSIDERACIONES FINALES

La Iniciativa Colombiana de Polinizadores, Capítulo Abejas (ICPA) surge como respuesta a la problemática actual de la pérdida de polinizadores reportada en la última década a nivel global, y frente a la cual se requieren soluciones de gran magnitud, pues básicamente el sustento de los organismos en un ecosistema terrestre depende principalmente de las plantas con flores, de los cuales no están exentos los agro-ecosistemas y la producción de alimentos para la especie humana. En particular, los cultivos que proveen nutrición en términos de vitaminas, minerales y aceites, dependen de la polinización por animales.

El Laboratorio de Abejas de la Universidad Nacional de Colombia (LABUN) organiza la Iniciativa ICPA reuniendo investigadores estudiosos de las abejas y la biología reproductiva de las plantas con el fin de dar un primer paso hacia la solución del problema. Como resultado en la Sección I de este documento se presentan los conceptos básicos de la polinización en el contexto de lo que representa este fenómeno biológico para la biodiversidad (capítulo 1), y se aborda la importancia de la polinización como servicio eco-sistémico (capítulo 2) mencionando los aspectos básicos para el abordaje del estudio de la interacción planta-polinizador desde la perspectiva de los análisis de redes y su inserción dentro de las políticas de conservación y uso sostenible de la biodiversidad (capítulo 3). Se espera que estos primeros capítulos, a manera de marco teórico, provean definiciones adecuadas y conocimiento fundamental para el desarrollo de nuevas propuestas tanto de los investigadores y de quienes trabajan en el desarrollo de políticas para la planeación de lo ambiental, como al público en general. La Iniciativa Colombiana de Polinizadores, énfasis abejas (ICPA) se propuso enmarcada dentro de los postulados de la Iniciativa internacional, y esta ha de ser la base para el desarrollo de las nuevas propuestas (capítulos 4 y 5).

En los seis capítulos que hacen parte de la sección II se muestra el estado del conocimiento respecto a la interacción abeja-planta donde se puede observar, que si bien se ha generado un conocimiento importante sobre la fauna apoidea colombiana, todavía es mucho lo que falta por investigar en taxonomía y ecología del grupo, y particularmente su relación con plantas, ya sea cultivadas o silvestres. El uso de nidos trampas y los estudios sobre abejas urbanas, son procedimientos que permitirán conocer más (capítulos 13 y 14). La sección III trata un tema que en Colombia no está documentado y que necesita urgentemente ser abordado. Las colecciones entomológicas son una herramienta que nos permitirá tener una idea más clara sobre la situación de fauna de abejas del país, para pasar del anecdotario a publicaciones científicas que soporten datos sobre desaparición o disminución de especies y poblaciones en el país.

Para los estudios de caso (sección IV) se seleccionaron cuatro trabajos específicamente relacionados con polinización en algunas especies vegetales particulares: palmas, pasifloras, guayaba chamba, agraz, así como también un trabajo que muestra la importancia de la apicultura en la conservación de un sistema tan sensible como los bosques de robles. La iniciativa destaca la importancia de la polinización en el contexto de la biodiversidad, resaltando la importancia de conocer la dinámica de los procesos ecológicos y su efecto sobre el funcionamiento de los ecosistemas y haciendo énfasis en el concepto de la biodiversidad invisible, biodiversidad que se basa en las interacciones ecológicas, y no en colecciones biológicas, como es el caso de la biodiversidad "visible" basada en el número de especies registradas en colecciones científicas (capítulo 1). En particular se destaca el papel crítico que la polinización tiene en la reproducción de las plantas con flores y en el mantenimiento de la diversidad genética de las poblaciones, y de allí su efecto en cascada sobre las diferentes redes tróficas que abordan flora y fauna. En consecuencia, se recomienda que a manera de política nacional, se incremente la capacidad y la formación de profesionales en el área de la biología y ciencias afines relacionadas con la conservación, la legislación, y la educación en el tema de las interacciones ecológicas con énfasis en el entendimiento de la polinización y su relación con el mantenimiento de la riqueza biológica, y los sistemas productivos derivados de los ecosistemas naturales. Las universidades deben proveer esta capacitación tanto en los aspectos del desarrollo de habilidades técnicas, y en las aproximaciones metodológicas y de visión para el manejo de la biodiversidad en los diferentes ecosistemas.

Es importante resaltar, que ésta recopilación muestra los trabajos realizados hasta el 2013 y algunos del 2014-2015. Actualmente, a la fecha de publicación de esta iniciativa han surgido nuevos estudios que están en proceso de preparación para su publicación. Se espera que los trabajos recientes nutran la iniciativa colombiana de polinizadores, la cual abordará no solo el capítulo abejas sino también otros grupos de organismos polinizadores vertebrados e invertebrados.

Con respecto a lo que atañe a la recuperación y manejo de los polinizadores, es necesario que Colombia, un país con alta diversidad en el contexto global, conozca como línea de base los sistemas reproductivos de las plantas con flores que conforman las principales comunidades de plantas en los ecosistemas más emblemáticos y representativos de esa biodiversidad, tales como: selva húmeda tropical, bosque andino, páramo, bosque seco, bosques costeros, e islas. A este respecto la academia, mediante las universidades y los científicos asociados a éstas, deben jugar un papel preponderante en la formación y en la guía de estas investigaciones.

El uso del suelo es un aspecto relevante para la conservación en general y para la conservación de los polinizadores en particular, y por ello, desde la aproximación bioética, es necesario conocer los componentes y las interacciones de los organismos en un ecosistema antes de generar un disturbio en el mismo, proyectando las consecuencias y los planes de manejo necesarios para la conservación y el mantenimiento de los ecosistemas en buen estado. Sobra decir que el desarrollo y la economía de las comunidades huma-

nas locales dependen del estado de conservación de los ecosistemas, y que las ganancias económicas puntuales no siempre deparan la posibilidad de un desarrollo sostenible en el tiempo. Por ello se ratifica la insistencia en que la educación desde el colegio y la Universidad debe formar ciudadanos que reconozcan el medio en el que viven, y posean la preparación para el uso de la riqueza que los rodea de una forma sostenible y responsable.

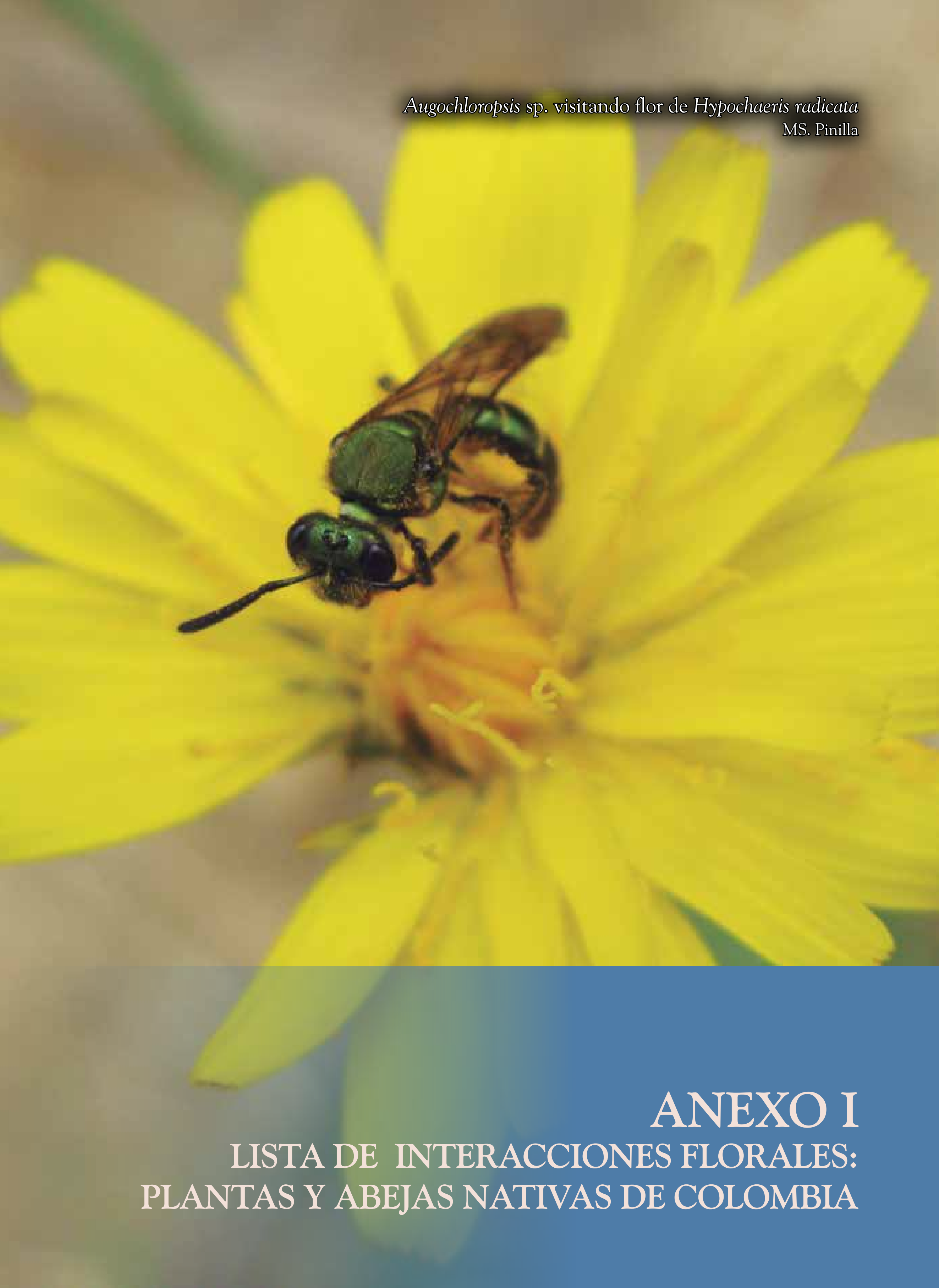
El conocimiento, la ética, y el humanismo deben superar las coyunturas de crecimiento poblacional y del mal uso de los recursos naturales causado por la ignorancia. Valga la pena aprovechar esta crisis en la declinación de los polinizadores para generar respuestas de manejo de la biodiversidad eficientes, novedosas, y estables en el tiempo. De este modo podremos, nosotros y las generaciones por venir, disfrutar de los beneficios derivados del servicio eco-sistémico de la polinización.

Se espera, con este documento haber logrado un primer diagnóstico sobre el estado de conocimiento en materia de polinización por abejas alcanzado en Colombia, y en la función ecológica de la polinización¸ así mismo este documento deberá servir para invitar a toda la sociedad colombiana a implementar dicho conocimiento en las políticas ambientales. Se espera también que la validación de tal conocimiento por parte de la sociedad se refleje en buenas prácticas de uso y manejo de la biodiversidad como respuesta, no a la condición estatutaria de las leyes ambientales, sino sobre todo a la convicción individual de preservar la vida en condiciones sostenibles bajo una ética de respeto hacia el otro. El trecho entre el conocimiento y la práctica es a veces largo, pero sin duda los colombianos y la sociedad planetaria en general, descubriremos formas novedosas y eficaces de conservar la biodiversidad.



Obreras de *Scaptotrigona* sp. sobre parche floral
G. Nates-Parra

ANEXOS



Augochloropsis sp. visitando flor de *Hypochaeris radicata*
MS. Pinilla

ANEXO I
LISTA DE INTERACCIONES FLORALES: PLANTAS Y ABEJAS NATIVAS DE COLOMBIA

ANEXO I

LISTA DE INTERACCIONES FLORALES: PLANTAS Y ABEJAS NATIVAS DE COLOMBIA

Se realizó una compilación preliminar de la información disponible sobre las interacciones de abejas silvestres con la flora presente en Colombia. Las referencias bibliográficas aparecen en la lista temática de referencias, a excepción de (citadas en Vélez 2012) que pese a ser estudios de otros países se incluyeron porque reportan interacciones entre especies de abejas y plantas que se encuentran en nuestro país.

La lista incluye interacciones entre, por lo menos 195 especies de abejas y al menos 374 especies de plantas pertenecientes a 89 familias, soportadas por 100 referencias aproximadamente, entre las que se incluyen presentaciones de congresos, artículos científicos, trabajos y tesis de grado, libros y capítulos de libros, de los cuales se detectaron 953 interacciones (Entidad abeja – Entidad planta). Aquí se sintetizan las interacciones encontradas y se presentan por orden de familia botánica.

Los tipos de interacción se agruparon en categorías: *Asociada al agroecosistema (AA)*, cuando se realizaron muestreos en las áreas de influencia de cultivos, pero no se especifica si eran visitantes; *Visitante (V)*, cuando no se especifica el recurso aprovechado en las flores; *Visitante por polen (VP)*, *por néctar (VN)* o *por néctar y polen (VNP)*, cuando está explícito en el documento; y *Potencial polinizador* (PP) cuando se presentan indicios de que prestan este servicio.

La nomenclatura de las abejas sigue la propuesta por Michener (2007); la presencia en Colombia se verificó en el Catálogo de abelhas Moure, (*Catalogue of Bees (Hymenoptera, Apoidea) in the Neotropical Region – versión en línea*) y las bases de datos de la colección del LABUN.

La nomenclatura botánica se actualizó con las bases de datos *The Plant List* y *Tropicos* de Royal Botanic Gardens, Kew y Missouri Botanical Garden, y la presencia en Colombia se verificó en la página electrónica del Herbario Nacional Colombiano y en los datos de especímenes y distribución de la base de datos Tropicos.

Familia planta	Especie planta	Familia/ Tribu abeja	Especie de abejas	Tipo de interacción	Fuente
Acanthaceae	*Avicennia germinans*	Apidae/Centridini	*Centris* (*Centris*) *decolorata*	V	Sánchez 2009; Vélez 2012
Acanthaceae	*Avicennia germinans*	Apidae/Xylocopini	*Xylocopa* sp.	PP	Sánchez 2009
Acanthaceae	Especie no identificada	Apidae/Centridini	*Centris* (*Centris*) *decolorata*	V	Raw 1984 citado por Vélez 2012
Acanthaceae	Especie no identificada	Apidae/Xylocopini	*Xylocopa fimbriata*	V	Núñez *et al.* 2008
Acanthaceae	*Ruellia geminiflora*	Apidae/Centridini	*Centris* (*Hemisiella*) *tarsata*	V	Pedro 1994 citado por Vélez 2012
Acanthaceae	*Thunbergia alata*	Apidae/Eucerini	*Thygater aethiops*	VN	Nates Parra *et al.* 2006
Acanthaceae	*Thunbergia alata*	Apidae/Xylocopini	*Xylocopa frontalis*	VP	Peláez 2004
Actinidiaceae	*Saurauia scabra*	Apidae/Meliponini	*Melipona eburnea*	V	Giraldo *et al.* 2011
Adoxaceae	*Viburnum* sp.	Apidae/Meliponini	*Nannotrigona mellaria*	VN	Jaramillo *et al.* 2012
Adoxaceae	*Viburnum* sp.	Apidae/Meliponini	*Nannotrigona testaceicornis*	VPN	Jaramillo *et al.* 2012
Adoxaceae	*Viburnum* sp.	Apidae/Meliponini	*Nannotrigona tristella*	VN	Jaramillo *et al.* 2012
Alstroemeriaceae	*Alstroemeria aurea*	Apidae/Eucerini	*Thygater aethiops*	VN	Nates Parra *et al.* 2006
Amaranthaceae	*Alternanthera ficoidea*	Apidae/Centridini	*Centris* (*Hemisiella*) *tarsata*	V	Aguiar *et al.* 2003 citado por Vélez 2012
Amaranthaceae	*Alternanthera* sp.	Apidae/Meliponini	*Nannotrigona* sp.	VN	Jaramillo *et al.* 2012
Amaranthaceae	*Alternanthera* sp.	Apidae/Meliponini	*Nannotrigona testaceicornis*	VPN	Jaramillo *et al.* 2012
Amaranthaceae	*Alternanthera* sp.	Apidae/Meliponini	*Nannotrigona tristella*	VN	Jaramillo *et al.* 2012
Amaranthaceae	*Amaranthus* sp.	Apidae/Meliponini	*Nannotrigona testaceicornis*	VPN	Jaramillo *et al.* 2012
Amaranthaceae	*Ambrosia* sp.	Apidae/Meliponini	*Nannotrigona testaceicornis*	VPN	Jaramillo *et al.* 2012
Amaranthaceae	*Ambrosia* sp.	Apidae/Meliponini	*Nannotrigona tristella*	VN	Jaramillo *et al.* 2012
Amaranthaceae	*Iresine* sp.	Apidae/Meliponini	*Nannotrigona* sp.	VPN	Jaramillo *et al.* 2012
Amaryllidaceae	*Agapanthus africanus*	Apidae/Eucerini	*Thygater aethiops*	V	González y Ospina, 2008
Amaryllidaceae	*Agapanthus africanus*	Apidae/Eucerini	*Thygater aethiops*	VPN	Nates Parra *et al.* 2006
Anacardiaceae	*Anacardium excelsum*	Apidae/Meliponini	*Melipona favosa*	V	Giraldo *et al.* 2011
Anacardiaceae	*Anacardium excelsum*	Apidae/Meliponini	*Tetragonisca angustula*	V	Giraldo *et al.* 2011

Familia planta	Especie planta	Familia/ Tribu abeja	Especie de abejas	Tipo de interacción	Fuente
Anacardiaceae	*Anacardium occidentale*	Apidae/Centridini	*Centris (Hemisiella) tarsata*	V	Freitas y Paxton 1998 citado por Vélez 2012
Anacardiaceae	*Astronium graveolens*	Apidae/Meliponini	*Melipona favosa*	V	Giraldo *et al.* 2011
Anacardiaceae	Especie no identificada	Apidae/Centridini	*Centris (Hemisiella) geminata*	V	Vélez 2012
Anacardiaceae	Especie no identificada	Apidae/Meliponini	*Nannotrigona mellaria*	VN	Jaramillo *et al.* 2012
Anacardiaceae	Especie no identificada	Apidae/Meliponini	*Nannotrigona* sp.	VN	Jaramillo *et al.* 2012
Anacardiaceae	Especie no identificada	Apidae/Meliponini	*Nannotrigona tristella*	VN	Jaramillo *et al.* 2012
Anacardiaceae	*Manguifera indica*	Apidae/Bombini	*Bombus pullatus*	V	Lievano & Ospina 1984
Anacardiaceae	*Manguifera indica*	Apidae/Centridini	*Centris (Centris)* cf. *adani*	V	Vélez 2012
Anacardiaceae	*Manguifera indica*	Apidae/Meliponini	*Nannotrigona testaceicornis*	VPN	Jaramillo *et al.* 2012
Anacardiaceae	*Spondias mombin*	Apidae/Meliponini	*Melipona favosa*	V	Giraldo *et al.* 2011
Anacardiaceae	*Toxicodendron striatum*	Apidae/Meliponini	*Tetragonisca angustula*	V	Giraldo *et al.* 2011
Apiaceae	*Coriandrum* sp.	Apidae/Meliponini	*Nannotrigona testaceicornis*	VPN	Jaramillo *et al.* 2012
Apiaceae	Especie no identificada	Apidae/Meliponini	*Nannotrigona mellaria*	VN	Jaramillo *et al.* 2012
Apiaceae	Especie no identificada	Apidae/Meliponini	*Nannotrigona testaceicornis*	VP	Jaramillo *et al.* 2012
Apiaceae	*Spananthe paniculata*	Apidae/Meliponini	*Tetragonisca angustula*	V	Giraldo *et al.* 2011
Apocynaceae	*Allamanda cathartica*	Apidae/Xylocopini	*Xylocopa frontalis*	VP	Peláez 2004
Apocynaceae	*Asclepias curassavica*	Apidae/Xylocopini	*Xylocopa frontalis*	VP	Peláez 2004
Apocynaceae	*Vinca major*	Apidae/Eucerini	*Thygater aethiops*	VN	Nates Parra *et al.* 2006
Aquifoliaceae	*Ilex* sp.	Apidae/Meliponini	*Nannotrigona testaceicornis*	V por polen	Jaramillo *et al.* 2012
Aquifoliaceae	*Ilex* sp.	Apidae/Meliponini	*Nannotrigona tristella*	VN	Jaramillo *et al.* 2012
Araliaceae	*Oreopanax* sp.	Apidae/Meliponini	*Nannotrigona testaceicornis*	VPN	Jaramillo *et al.* 2012
Arecaceae	*Attalea amygdalina*	Apidae	Especie no identificada	V	Del Pilar-Lopera 2003.
Arecaceae	*Attalea amygdalina*	Halictidae	Especie no identificada	V	Del Pilar-Lopera 2003.

Familia planta	Especie planta	Familia/ Tribu abeja	Especie de abejas	Tipo de interacción	Fuente
Arecaceae	*Dictyocaryum lamarckianum*	Apidae/Meliponini	*Melipona favosa*	V	Giraldo *et al.* 2011
Arecaceae	*Oenocarpus bataua*	Apidae/Meliponini	*Oxytrigona daemoniaca*	VP	Núñez y Rojas-R 2008
Arecaceae	*Oenocarpus bataua*	Apidae/Meliponini	*Oxytrigona mellicolor*	VP	Núñez y Rojas-R 2008
Arecaceae	*Oenocarpus bataua*	Apidae/Meliponini	*Partamona* sp.	VP	Núñez y Rojas-R 2008
Arecaceae	*Oenocarpus bataua*	Apidae/Meliponini	*Plebeia aff. timida*	VP	Núñez y Rojas-R 2008
Arecaceae	*Oenocarpus bataua*	Apidae/Meliponini	*Scaptotrigona* sp.	VP	Núñez y Rojas-R 2008
Arecaceae	*Oenocarpus bataua*	Apidae/Meliponini	*Trigona* sp.	V	Collazos M. y Mejía G. 1988
Arecaceae	*Syagrus orinocensis*	Apidae/Meliponini	*Partamona* sp.	PP	Guicon *et al.* 2010
Arecaceae	*Syagrus orinocensis*	Apidae/Meliponini	*Scaptotrigona* sp.	PP	Guicon *et al.* 2010
Arecaceae	*Syagrus orinocensis*	Apidae/Meliponini	*Tetragonisca angustula*	PP	Guicon *et al.* 2010
Arecaceae	*Syagrus orinocensis*	Apidae/Meliponini	*Trigona silvestriana*	PP	Guicon *et al.* 2010
Arecaceae	*Syagrus orinocensis*	Apidae/Meliponini	*Trigona williana*	PP	Guicon *et al.* 2010
Asteraceae	*Acmella* sp.	Apidae/Exomalopsini	*Exomalopsis* spp.	V	Gómez, 2012
Asteraceae	*Ageratina asclepiadea*	Apidae/Bombini	*Bombus rubicundus*	V	Lievano y Ospina 1984
Asteraceae	*Aspilia tenella*	Apidae/Exomalopsini	*Exomalopsis* sp.	V	Aguilar y Smith 2008
Asteraceae	*Aspilia tenella*	Apidae/Meliponini	*Tetragona perangulata*	V	Aguilar y Smith 2008
Asteraceae	*Aspilia tenella*	Apidae/Meliponini	*Tetragonisca angustula*	V	Aguilar y Smith 2008
Asteraceae	*Aspilia tenella*	Apidae/Meliponini	*Trigona fulviventris*	V	Aguilar y Smith 2008
Asteraceae	*Aspilia tenella*	Apidae/Meliponini	*Trigona nigerrima*	V	Aguilar y Smith 2008
Asteraceae	*Aspilia tenella*	Apidae/Meliponini	*Trigona subgrisea*	V	Aguilar y Smith 2008
Asteraceae	*Aspilia tenella*	Apidae/Nomadini	*Triepeolus* sp.	V	Aguilar y Smith 2008
Asteraceae	*Aspilia tenella*	Apidae/Xylocopini	*Ceratina placida*	V	Aguilar y Smith 2008
Asteraceae	*Aspilia tenella*	Halictidae/Augochlorini	*Augochlora aff. nominata*	V	Aguilar y Smith 2008
Asteraceae	*Aspilia tenella*	Halictidae/Augochlorini	*Augochlora cordiaefloris*	V	Aguilar y Smith 2008

Familia planta	Especie planta	Familia/ Tribu abeja	Especie de abejas	Tipo de interacción	Fuente
Asteraceae	*Aspilia tenella*	Halictidae/Augochlo-rini	*Augochlora nominata*	V	Aguilar y Smith 2008
Asteraceae	*Aspilia tenella*	Halictidae/Augochlo-rini	*Augochlora vesta*	V	Aguilar y Smith 2008
Asteraceae	*Aspilia tenella*	Halictidae/Augochlo-rini	*Augochloropsis callichroa*	V	Aguilar y Smith 2008
Asteraceae	*Aspilia tenella*	Halictidae/Halictini	*Halictus ligatus*	V	Aguilar y Smith 2008
Asteraceae	*Aspilia tenella*	Halictidae/Halictini	*Lasioglossum* sp.	V	Aguilar y Smith 2008
Asteraceae	*Aspilia tenella*	Megachilidae	*Coelioxys aff. mexicana*	V	Aguilar y Smith 2008
Asteraceae	*Aspilia tenella*	Megachilidae	*Megachile* sp.	V	Aguilar y Smith 2008
Asteraceae	*Baccharis prunifolia*	Apidae/Bombini	*Bombus hortulanus*	V	Cuervo 2002
Asteraceae	*Baccharis prunifolia*	Apidae/Bombini	*Bombus rubicundus*	V	Cuervo 2002
Asteraceae	*Baccharis* sp.	Apidae/Bombini	*Bombus rubicundus*	V	Lievano y Ospina 1984
Asteraceae	*Baccharis* sp.	Apidae/Eucerini	*Thygater aethiops*	V	González y Ospina, 2008
Asteraceae	*Baccharis tricuneata*	Apidae/Bombini	*Bombus rubicundus*	V	Rubio, 2013
Asteraceae	*Bidens sp.*	Apidae/Bombini	*Bombus atratus*	V	Lievano y Ospina 1984
Asteraceae	*Bidens* sp.	Apidae/Exomalopsini	*Exomalopsis* spp.	V	Gómez, 2012
Asteraceae	*Bidens triplinervia*	Apidae/Bombini	*Bombus rubicundus*	V	Cuervo 2002
Asteraceae	*Chromolaena squalida*	Apidae/Centridini	*Centris (Hemisiella) vittata*	V	Thiele 2002 citado por Vélez 2012
Asteraceae	*Dahlia imperialis*	Apidae/Bombini	*Bombus atratus*	V	Lievano y Ospina 1984
Asteraceae	*Dahlia imperialis*	Apidae/Bombini	*Bombus hortulanus*	V	Lievano y Ospina 1984
Asteraceae	*Dahlia sp*	Apidae/Bombini	*Bombus atratus*	V	Nates-Parra *et al.*, 2006
Asteraceae	*Dahlia sp*	Apidae/Bombini	*Bombus robustus*	V	Nates-Parra *et al.*, 2006
Asteraceae	*Dahlia* sp.	Apidae/Bombini	*Bombus atratus*	VN	Nates Parra *et al.* 2006
Asteraceae	*Dahlia* sp.	Apidae/Bombini	*Bombus robustus*	VN	Nates Parra *et al.* 2006

Familia planta	Especie planta	Familia/ Tribu abeja	Especie de abejas	Tipo de interacción	Fuente
Asteraceae	*Dahlia* sp.	Apidae/Eucerini	*Thygater aethiops*	VN	Nates Parra *et al.* 2006
Asteraceae	*Diplostephium phylicoides*	Apidae/Bombini	*Bombus rubicundus*	V	Cuervo 2002
Asteraceae	*Eirmocephala brachiata*	Apidae/Meliponini	*Nannotrigona mellaria*	VP	Jaramillo *et al.* 2012
Asteraceae	*Eirmocephala brachiata*	Apidae/Meliponini	*Nannotrigona testaceicornis*	VPN	Jaramillo *et al.* 2012
Asteraceae	*Eirmocephala brachiata*	Apidae/Meliponini	*Tetragonisca angustula*	V	Giraldo *et al.* 2011
Asteraceae	*Emilia sonchifolia*	Apidae/Meliponini	*Nannotrigona mellaria*	VPN	Jaramillo *et al.* 2012
Asteraceae	*Emilia sonchifolia*	Apidae/Meliponini	*Nannotrigona* sp.	VP	Jaramillo *et al.* 2012
Asteraceae	*Emilia sonchifolia*	Apidae/Meliponini	*Nannotrigona testaceicornis*	VP	Jaramillo *et al.* 2012
Asteraceae	*Emilia sonchifolia*	Apidae/Meliponini	*Nannotrigona tristella*	VN	Jaramillo *et al.* 2012
Asteraceae	Especie no identificada	Apidae/Centridini	*Centris (Hemisiella) geminata*	V	Vélez 2012
Asteraceae	Especie no identificada	Apidae/Meliponini	*Nannotrigona mellaria*	VPN	Jaramillo *et al.* 2012
Asteraceae	Especie no identificada	Apidae/Meliponini	*Nannotrigona testaceicornis*	VPN	Jaramillo *et al.* 2012
Asteraceae	Especie no identificada	Apidae/Meliponini	*Nannotrigona tristella*	VN	Jaramillo *et al.* 2012
Asteraceae	*Espeletia grandiflora*	Apidae/Bombini	*Bombus funebris*	V	Cuervo 2002
Asteraceae	*Espeletia grandiflora*	Apidae/Bombini	*Bombus funebris*	PP	Fagua-Gonzalez y Bonilla 2003
Asteraceae	*Espeletia grandiflora*	Apidae/Bombini	*Bombus hortulanus*	V	Cuervo 2002
Asteraceae	*Espeletia grandiflora*	Apidae/Bombini	*Bombus rubicundus*	V	Cuervo 2002
Asteraceae	*Espeletia grandiflora*	Apidae/Bombini	*Bombus rubicundus*	PP	Fagua-Gonzalez y Bonilla 2003
Asteraceae	*Espeletia* sp.	Apidae/Bombini	*Bombus funebris*	V	Lievano y Ospina 1984
Asteraceae	*Espeletia* sp.	Apidae/Bombini	*Bombus robustus*	V	Lievano y Ospina 1984
Asteraceae	Espeletia sp.	Apidae/Bombini	*Bombus rubicundus*	V	Lievano y Ospina 1984
Asteraceae	*Espeletia* sp.	Apidae/Bombini	*Bombus* spp.	VN	Nates Parra *et al.* 2006
Asteraceae	*Hypochaeris sessiliflora*	Apidae/Bombini	*Bombus funebris*	V	Cuervo 2002
Asteraceae	*Hypochaeris sessiliflora*	Apidae/Bombini	*Bombus rubicundus*	V	Cuervo 2002

Familia planta	Especie planta	Familia/ Tribu abeja	Especie de abejas	Tipo de interacción	Fuente
Asteraceae	*Mikania micrantha*	Apidae/Centridini	*Centris (Trachina) dentata*	V	Vélez 2012
Asteraceae	*Mikania micrantha*	Apidae/Meliponini	*Tetragonisca angustula*	V	Giraldo *et al.* 2011
Asteraceae	*Mikania* sp.	Apidae/Centridini	*Centris (Trachina)* sp.	V	Vélez 2012
Asteraceae	*Osteospermum ecklonis*	Halictidae/Halictini	*Caenohalictus* sp.	VP	Nates Parra *et al.* 2006
Asteraceae	*Pentacalia abietina*	Apidae/Bombini	*Bombus rubicundus*	V	Cuervo 2002
Asteraceae	*Pentacalia ledifolia*	Apidae/Bombini	*Bombus excellens*	V	Rubio, 2013
Asteraceae	*Pentacalia ledifolia*	Apidae/Bombini	*Bombus funebris*	V	Rubio, 2013
Asteraceae	*Pentacalia ledifolia*	Apidae/Bombini	*Bombus rubicundus*	V	Rubio, 2013
Asteraceae	*Piptocoma discolor*	Apidae/Meliponini	*Tetragonisca angustula*	V	Giraldo *et al.* 2011
Asteraceae	*Senecio formosoides*	Apidae/Bombini	*Bombus hortulanus*	V	Cuervo 2002
Asteraceae	*Senecio formosoides*	Apidae/Bombini	*Bombus rubicundus*	V	Cuervo 2002
Asteraceae	*Senecio sp*	Apidae/Bombini	*Bombus funebris*	V	Lievano y Ospina 1984
Asteraceae	*Senecio* sp.	Apidae/Bombini	*Bombus melaleucus*	V	Gómez, 2012
Asteraceae	*Senecio* sp.	Apidae/Eucerini	*Thygater aethiops*	V	González y Ospina, 2008
Asteraceae	*Steiractinia aspera*	Apidae/Meliponini	*Melipona favosa*	V	Giraldo *et al.* 2011
Asteraceae	*Steiractinia aspera*	Apidae/Meliponini	*Tetragonisca angustula*	V	Giraldo *et al.* 2011
Asteraceae	*Taraxacum officinale*	Apidae/Bombini	*Bombus atratus*	V	Lievano y Ospina 1984
Asteraceae	*Taraxacum officinale*	Apidae/Bombini	*Bombus* spp.	VN	Nates Parra *et al.* 2006
Asteraceae	*Taraxacum officinale*	Halictidae/Halictini	*Dialictus* sp.	VN	Nates Parra *et al.* 2006
Asteraceae	*Tithonia diversifolia*	Apidae/Bombini	*Bombus pullatus*	V	Lievano y Ospina 1984
Asteraceae	*Tithonia diversifolia*	Apidae/Xylocopini	*Xylocopa frontalis*	VP	Peláez 2004
Asteraceae	*Trixis* sp.	Apidae/Bombini	*Bombus pullatus*	V	Lievano y Ospina 1984
Asteraceae	*Vernonia arborescens*	Apidae/Eucerini	*Thygater aethiops*	V	González y Ospina, 2008
Asteraceae	*Zinnia elegans*	Apidae/Xylocopini	*Xylocopa frontalis*	VP	Peláez 2004

Familia planta	Especie planta	Familia/ Tribu abeja	Especie de abejas	Tipo de interacción	Fuente
Balsaminaceae	*Impatiens walleriana*	Apidae/Bombini	*Bombus excellens*	V	Lievano y Ospina 1984
Balsaminaceae	*Impatiens walleriana*	Apidae/Eucerini	*Thygater aethiops*	V	González y Ospina, 2008
Balsaminaceae	*Impatiens walleriana*	Apidae/Eucerini	*Thygater aethiops*	VN	Nates Parra *et al.* 2006
Begoniaceae	*Begonia* sp.	Apidae/Eucerini	*Thygater aethiops*	VP	Nates Parra *et al.* 2006
Bignoniaceae	*Arrabidaea* sp.	Apidae/Centridini	*Centris (Centris) aenea*	V	Cure *et al.* 1993 citado por Vélez 2012
Bignoniaceae	*Arrabidaea* sp.	Apidae/Centridini	*Centris (Hemisiella) tarsata*	V	Cure *et al.* 1993 citado por Vélez 2012
Bignoniaceae	*Crescentia cujete*	Apidae/Xylocopini	*Xylocopa frontalis*	VP	Peláez 2004
Bignoniaceae	*Handroanthus chrysanthus*	Apidae/Bombini	*Bombus pullatus*	V	Lievano y Ospina 1984
Bignoniaceae	*Handroanthus chrysanthus*	Apidae/Xylocopini	*Xylocopa frontalis*	VP	Peláez 2004
Bignoniaceae	*Handroanthus chrysotrichus*	Apidae/Centridini	*Centris (Trachina) dentata*	V	Alves-dos-Santos 1999 citado por Vélez 2012
Bignoniaceae	*Jacaranda caucana*	Apidae/Centridini	*Centris (Trachina) dentata*	V	Vélez 2012
Bignoniaceae	*Jacaranda caucana*	Apidae/Centridini	*Centris (Trachina)* sp.	V	Vélez 2012
Bignoniaceae	*Roseodendron donnell-smithii*	Apidae/Centridini	*Centris (Hemisiella) trigonoides*	V	Aguiar *et al.* 2003 citado por Vélez 2012
Bignoniaceae	*Spathodea campanulata*	Apidae/Xylocopini	*Xylocopa frontalis*	VP	Peláez 2004
Bignoniaceae	*Tabebuia rosea*	Apidae/Xylocopini	*Xylocopa frontalis*	VP	Peláez 2004
Bignoniaceae	*Tabebuia* sp.	Apidae/Meliponini	*Nannotrigona* sp.	VPN	Jaramillo *et al.* 2012
Bignoniaceae	*Tabebuia* sp.	Apidae/Meliponini	*Nannotrigona testaceicornis*	VP	Jaramillo *et al.* 2012
Bignoniaceae	*Tecoma stans*	Apidae/Eucerini	*Thygater aethiops*	VN	Nates Parra *et al.* 2006
Bixaceae	*Bixa urucurana*	Apidae/Centridini	*Centris* sp.	PP	Núñez y Carreño 2010
Bixaceae	*Bixa urucurana*	Apidae/Euglossini	*Euglossa* sp.	PP	Núñez y Carreño 2010
Bixaceae	*Bixa urucurana*	Apidae/Meliponini	*Melipona* sp.	PP	Núñez y Carreño 2010
Bixaceae	*Bixa urucurana*	Apidae/Meliponini	*Nannotrigona* sp.	PP	Núñez y Carreño 2010
Bixaceae	*Bixa urucurana*	Apidae/Meliponini	*Plebeia* sp.	PP	Núñez y Carreño 2010

Familia planta	Especie planta	Familia/ Tribu abeja	Especie de abejas	Tipo de interacción	Fuente
Bixaceae	*Bixa urucurana*	Apidae/Meliponini	*Scaptotrigona* sp.	PP	Núñez y Carreño 2010
Bixaceae	*Bixa urucurana*	Apidae/Meliponini	*Trigona* sp.	PP	Núñez y Carreño 2010
Bixaceae	*Bixa urucurana*	Apidae/Xylocopini	*Xylocopa* sp.	PP	Núñez y Carreño 2010
Bixaceae	*Cochlospermum vitifolium*	Apidae/Centridini	*Centris (Hemisiella) trigonoides*	V	Aguiar *et al.* 2003 citado por Vélez 2012
Boraginaceae	*Cordia alliodora*	Apidae/Meliponini	*Melipona eburnea*	V	Giraldo *et al.* 2011
Boraginaceae	*Cordia alliodora*	Apidae/Meliponini	*Melipona favosa*	V	Giraldo *et al.* 2011
Boraginaceae	*Cordia alliodora*	Apidae/Meliponini	*Tetragonisca angustula*	V	Giraldo *et al.* 2011
Boraginaceae	*Cordia dentata*	Apidae/Meliponini	*Melipona eburnea*	V	Giraldo *et al.* 2011
Boraginaceae	*Cordia dentata*	Apidae/Meliponini	*Melipona favosa*	V	Giraldo *et al.* 2011
Boraginaceae	*Cordia dentata*	Apidae/Meliponini	*Tetragonisca angustula*	V	Giraldo *et al.* 2011
Boraginaceae	*Cordia macrocephala*	Apidae/Centridini	*Centris (Heterocentris) analis*	V	Heithaus 1979 citado por Vélez 2012
Boraginaceae	*Cordia* sp.	Apidae/Meliponini	*Nannotrigona* sp.	VPN	Jaramillo *et al.* 2012
Boraginaceae	*Cordia* sp.	Apidae/Meliponini	*Nannotrigona testaceicornis*	VN	Jaramillo *et al.* 2012
Boraginaceae	*Heliotropium* sp.	Apidae/Bombini	*Bombus pullatus*	V	Lievano y Ospina 1984
Brassicaceae	*Brassica napus*	Apidae/Eucerini	*Thygater aethiops*	V	González y Ospina, 2008
Brassicaceae	*Brassica nigra*	Apidae/Eucerini	*Thygater aethiops*	V	González y Ospina, 2008
Brassicaceae	*Brassica* sp.	Apidae/Bombini	*Bombus atratus*	V	Lievano y Ospina 1984
Brassicaceae	*Brassica* sp.	Apidae/Eucerini	*Thygater aethiops*	V	Nieto V. *et al.* 2012
Brassicaceae	Especie no identificada	Apidae/Meliponini	*Nannotrigona mellaria*	VN	Jaramillo *et al.* 2012
Brassicaceae	*Raphanus raphanistrum*	Apidae/Bombini	*Bombus atratus*	V	Lievano y Ospina 1984
Brassicaceae	*Raphanus raphanistrum*	Apidae/Bombini	*Bombus funebris*	V	Lievano y Ospina 1984
Brassicaceae	*Raphanus raphanistrum*	Apidae/Bombini	*Bombus hortulanus*	V	Lievano y Ospina 1984
Brassicaceae	*Raphanus raphanistrum*	Apidae/Eucerini	*Thygater aethiops*	V	González y Ospina, 2008

Familia planta	Especie planta	Familia/ Tribu abeja	Especie de abejas	Tipo de interacción	Fuente
Brassicaceae	*Raphanus* sp.	Apidae/Bombini	*Bombus robustus*	V	Lievano y Ospina 1984
Bromeliaceae	*Ananas ananassoides*	Apidae/Centridini	*Centris (Hemisiella) tarsata*	V	Pedro 1994 citado por Vélez 2012
Cactaceae	*Opuntia* sp.	Apidae/Bombini	*Bombus atratus*	V	Lievano y Ospina 1984
Cactaceae	*Opuntia* sp.	Halictidae/Halictini	*Lasioglossum* spp.	PP	Cháves, 2000
Cactaceae	*Wigginsia vorwerckiana*	Halictidae/Halictini	*Lassioglosum* sp.	VP	Nates Parra *et al.* 2006; Cháves 2000
Calceolariaceae	*Calceolaria mexicana*	Apidae/Bombini	*Bombus rubicundus*	V	Lievano y Ospina 1984
Calceolariaceae	*Calceolaria microbefaria*	Apidae/Bombini	*Bombus rubicundus*	V	Cuervo 2002
Cannabaceae	*Trema micrantha*	Apidae/Meliponini	*Tetragonisca angustula*	V	Giraldo *et al.* 2011
Cannabaceae	*Trema* sp.	Apidae/Meliponini	*Nannotrigona mellaria*	VN	Jaramillo *et al.* 2012
Cannabaceae	*Trema* sp.	Apidae/Meliponini	*Nannotrigona testaceicornis*	VP	Jaramillo *et al.* 2012
Cannabaceae	*Trema* sp.	Apidae/Meliponini	*Nannotrigona tristella*	VN	Jaramillo *et al.* 2012
Cannabaceae	*Trichanthera gigantea*	Apidae/Meliponini	*Nannotrigona testaceicornis*	VP	Jaramillo *et al.* 2012
Capparaceae	*Quadrella odoratissima*	Apidae/Bombini	*Bombus pullatus*	V	Lievano & Ospina 1984
Caprifoliaceae	*Abelia × grandiflora*	Halictidae/Halictini	*Caenohalictus* sp.	VN	Nates Parra *et al.* 2006
Caprifoliaceae	*Abelia × grandiflora*	Apidae/Eucerini	*Thygater aethiops*	VN	Vélez y Baquero 2002, Nates Parra *et al.* 2006
Caricaceae	*Carica papaya*	Apidae/Xylocopini	*Xylocopa frontalis*	VP	Peláez 2004
Cariophyllaceae	*Dianthus* sp.	Apidae/Centridini	*Centris (Hemisiella) geminata*	V	Vélez 2012
Cariophyllaceae	*Dianthus* sp.	Apidae/Centridini	*Centris (Heterocentris) analis*	V	Vélez 2012
Chloranthaceae	*Hedyosmum* sp.	Apidae/Meliponini	*Nannotrigona tristella*	VN	Jaramillo *et al.* 2012
Clusiaceae	*Clusia alata*	Apidae/Meliponini	*Tetragonisca angustula*	V	Giraldo *et al.* 2011
Combretaceae	*Laguncularia racemosa*	Apidae/Centridini	*Centris (Centris) decolorata*	V	Sánchez 2009 citado por Vélez 2012
Combretaceae	*Laguncularia racemosa*	Apidae/Xylocopini	*Xylocopa* sp.	V	Sánchez 2009
Convolvulaceae	*Convolvulus* sp.	Apidae/Eucerini	*Thygater aethiops*	V	González y Ospina, 2008

Familia planta	Especie planta	Familia/ Tribu abeja	Especie de abejas	Tipo de interacción	Fuente
Convolvulaceae	Especie no identificada	Apidae/Xylocopini	*Xylocopa fimbriata*	V	Núñez *et al.* 2008
Convolvulaceae	*Ipomoea batatas*	Apidae/Xylocopini	*Xylocopa frontalis*	VP	Peláez 2004
Convolvulaceae	*Ipomoea carnea*	Apidae/Centridini	*Centris (Heterocentris) analis*	V	Vélez 2012
Convolvulaceae	*Ipomoea indica*	Apidae/Eucerini	*Thygater aethiops*	V	González y Ospina, 2008
Convolvulaceae	*Ipomoea* sp.	Apidae/Xylocopini	*Xylocopa frontalis*	VP	Peláez 2004
Cucurbitaceae	*Cucurbita moschata*	Apidae/Eucerini	*Peponapis citrullina*	PP	Zambrano *et al.* 2013
Cucurbitaceae	*Cucurbita moschata*	Apidae/Eucerini	*Thygater analis*	V	Zambrano *et al.* 2013
Cucurbitaceae	*Cucurbita moschata*	Apidae/Euglossini	*Eulaema cingulata*	V	Zambrano *et al.* 2013
Cucurbitaceae	*Cucurbita moschata*	Apidae/Euglossini	*Eulaema flavescens*	V	Zambrano *et al.* 2013
Cucurbitaceae	*Cucurbita moschata*	Apidae/Euglossini	*Eulaema nigrita*	V	Zambrano *et al.* 2013
Cucurbitaceae	*Cucurbita moschata*	Apidae/Euglossini	*Eulaema polychroma*	V	Zambrano *et al.* 2013
Cucurbitaceae	*Cucurbita moschata*	Apidae/Meliponini	*Scaptotrigona* sp.	V	Zambrano *et al.* 2013
Cucurbitaceae	*Cucurbita moschata*	Apidae/Meliponini	*Tetragonisca angustula*	V	Zambrano *et al.* 2013
Cucurbitaceae	*Cucurbita moschata*	Apidae/Xylocopini	*Ceratina* sp.	V	Zambrano *et al.* 2013
Cucurbitaceae	*Cucurbita moschata*	Halictidae/Augochlorini	*Augochlora* spp.	V	Zambrano *et al.* 2013
Cucurbitaceae	*Cucurbita pepo*	Apidae/Bombini	*Bombus atratus*	V	Lievano y Ospina 1984
Cucurbitaceae	*Cyclanthera pedata*	Apidae/Eucerini	*Thygater aethiops*	V	González y Ospina, 2008
Cucurbitaceae	*Cyclanthera* sp.	Apidae/Meliponini	*Partamona* sp.	V	Gómez, 2012
Cucurbitaceae	Especie no identificada	Apidae/Xylocopini	Xylocopa fimbriata	V	Núñez *et al.* 2008
Cucurbitaceae	Momordica charantia	Apidae/Xylocopini	*Xylocopa frontalis*	VP	Peláez 2004
Cucurbitaceae	*Sechium edule*	Apidae/Bombini	*Bombus atratus*	V	Lievano y Ospina 1984
Cucurbitaceae	*Sechium edule*	Apidae/Eucerini	*Thygater aethiops*	V	González y Ospina, 2008
Cunoniaceae	*Weinmannia* sp.	Apidae/Meliponini	*Nannotrigona testaceicornis*	VPN	Jaramillo *et al.* 2012

Familia planta	Especie planta	Familia/ Tribu abeja	Especie de abejas	Tipo de interacción	Fuente
Ericaceae	*Bejaria resinosa*	Apidae/Bombini	*Bombus funebris*	V	Cuervo 2002
Ericaceae	*Bejaria resinosa*	Apidae/Bombini	*Bombus rubicundus*	V	Cuervo 2002
Ericaceae	*Gaultheria anastomosans*	Apidae/Bombini	*Bombus funebris*	V	Rubio, 2013
Ericaceae	*Gaultheria anastomosans*	Apidae/Bombini	*Bombus hortulanus*	V	Rubio, 2013
Ericaceae	*Gaultheria anastomosans*	Apidae/Bombini	*Bombus rubicundus*	V	Rubio, 2013
Ericaceae	*Gaultheria myrsinoides*	Apidae/Bombini	*Bombus funebris*	V	Rubio, 2013
Ericaceae	*Gaultheria myrsinoides*	Apidae/Bombini	*Bombus rubicundus*	V	Rubio, 2013
Ericaceae	*Gaultheria rigida*	Apidae/Bombini	*Bombus atratus*	PP	Quevedo Castro y Rosero Lasprilla L. 2006
Ericaceae	*Gaultheria rigida*	Apidae/Bombini	*Bombus hortulanus*	PP	Quevedo Castro y Rosero Lasprilla L. 2006
Ericaceae	*Gaultheria rigida*	Apidae/Bombini	*Bombus rubicundus*	PP	Quevedo Castro y Rosero Lasprilla L. 2006
Ericaceae	*Macleania* sp.	Apidae/Bombini	*Bombus robustus*	V	Lievano y Ospina 1984
Ericaceae	*Pernettya* sp.	Apidae/Bombini	*Bombus rubicundus*	V	Lievano y Ospina 1984
Ericaceae	*Plutarchia guascensis*	Apidae/Bombini	*Bombus hortulanus*	V	Rubio, 2013
Ericaceae	*Rhododendron indicum*	Apidae/Eucerini	*Thygater aethiops*	VN	Nates Parra *et al.* 2006
Ericaceae	*Vaccinium meridionale*	Apidae/Bombini	*Bombus hortulanus*	V	Pinilla, 2013
Ericaceae	*Vaccinium meridionale*	Apidae/Bombini	*Bombus rubicundus*	V	Pinilla, 2013
Ericaceae	*Vaccinium meridionale*	Halictidae/Augochlorini	*Augochloropsis* sp.	V	Pinilla, 2013
Escalloniaceae	*Escallonia myrtilloides*	Apidae/Bombini	*Bombus rubicundus*	V	Cuervo 2002
Escalloniaceae	*Escallonia pendula*	Apidae/Meliponini	*Nannotrigona* sp.	V	Giraldo *et al.* 2011
Escalloniaceae	*Escallonia pendula*	Apidae/Meliponini	*Nannotrigona testaceicornis*	VPN	Jaramillo *et al.* 2012
Euphorbiaceae	*Acalypha diversifolia*	Apidae/Meliponini	*Melipona eburnea*	V	Giraldo *et al.* 2011
Euphorbiaceae	*Acalypha diversifolia*	Apidae/Meliponini	*Melipona favosa*	V	Giraldo *et al.* 2011

Familia planta	Especie planta	Familia/ Tribu abeja	Especie de abejas	Tipo de interacción	Fuente
Euphorbiaceae	*Acalypha diversifolia*	Apidae/Meliponini	*Tetragonisca angustula*	V	Giraldo *et al.* 2011
Euphorbiaceae	*Acalypha macrostachya*	Apidae/Meliponini	*Melipona eburnea*	V	Giraldo *et al.* 2011
Euphorbiaceae	*Acalypha macrostachya*	Apidae/Meliponini	*Tetragonisca angustula*	V	Giraldo *et al.* 2011
Euphorbiaceae	*Acalypha* sp.	Apidae/Meliponini	*Nannotrigona mellaria*	VN	Jaramillo *et al.* 2012
Euphorbiaceae	*Acalypha* sp.	Apidae/Meliponini	*Nannotrigona testaceicornis*	VP	Jaramillo *et al.* 2012
Euphorbiaceae	*Alchornea* sp.	Apidae/Meliponini	*Nannotrigona sp.*	VN	Jaramillo *et al.* 2012
Euphorbiaceae	*Alchornea* sp.	Apidae/Meliponini	*Nannotrigona testaceicornis*	VN	Jaramillo *et al.* 2012
Euphorbiaceae	*Croton bogotanus*	Apidae/Meliponini	*Tetragona perangulata*	V	Giraldo *et al.* 2011
Euphorbiaceae	*Croton bogotanus*	Apidae/Meliponini	*Tetragonisca angustula*	V	Giraldo *et al.* 2011
Euphorbiaceae	*Croton leptostachyus*	Apidae/Meliponini	*Melipona eburnea*	V	Giraldo *et al.* 2011
Euphorbiaceae	*Croton leptostachyus*	Apidae/Meliponini	*Tetragonisca angustula*	V	Giraldo *et al.* 2011
Euphorbiaceae	*Croton* sp.	Apidae/Meliponini	*Nannotrigona testaceicornis*	VP	Jaramillo *et al.* 2012
Euphorbiaceae	*Croton* sp.	Apidae/Meliponini	*Nannotrigona tristella*	VN	Jaramillo *et al.* 2012
Euphorbiaceae	Especie no identificada	Apidae/Meliponini	*Nannotrigona* sp.	VP	Jaramillo *et al.* 2012
Euphorbiaceae	*Euphorbia cotinifolia*	Apidae/Meliponini	*Melipona eburnea*	V	Giraldo *et al.* 2011
Euphorbiaceae	*Euphorbia cotinifolia*	Apidae/Meliponini	Tetragona perangulata	V	Giraldo *et al.* 2011
Euphorbiaceae	*Euphorbia cotinifolia*	Apidae/Meliponini	*Tetragonisca angustula*	V	Giraldo *et al.* 2011
Euphorbiaceae	*Euphorbia hirta*	Apidae/Meliponini	*Tetragonisca angustula*	V	Giraldo *et al.* 2011
Euphorbiaceae	*Ricinus communis*	Apidae/Meliponini	*Nannotrigona testaceicornis*	VP	Jaramillo *et al.* 2012
Euphorbiaceae	*Sapium* sp.	Apidae/Meliponini	*Nannotrigona testaceicornis*	VPN	Jaramillo *et al.* 2012
Euphorbiaceae	*Sapium* sp.	Apidae/Meliponini	*Nannotrigona tristella*	VN	Jaramillo *et al.* 2012
Fabaceae	Especie no identificada	Apidae/Meliponini	*Nannotrigona* sp.	VP	Jaramillo *et al.* 2012
Fabaceae/ Caesalpinioideae	*Bauhinia variegata*	Apidae/Xylocopini	*Xylocopa frontalis*	VP	Peláez 2004
Fabaceae/ Caesalpinioideae	*Brownea ariza*	Apidae/Xylocopini	*Xylocopa frontalis*	VP	Peláez 2004

Familia planta	Especie planta	Familia/ Tribu abeja	Especie de abejas	Tipo de interacción	Fuente
Fabaceae/ Caesalpinioideae	*Cassia fistula*	Apidae/Xylocopini	*Xylocopa frontalis*	VP	Peláez 2004
Fabaceae/ Caesalpinioideae	*Cassia grandis*	Apidae/Centridini	*Centris (Hemisiella) vittata*	V	Heithaus 1979 citado por Vélez 2012
Fabaceae /Caesalpinioideae	*Cassia* sp.	Apidae/Centridini	*Centris (Melacentris) obsoleta*	V	Vélez 2012
Fabaceae/ Caesalpinioideae	*Chamaecrista hispidula*	Apidae/Centridini	*Centris (Centris) aenea*	V	Gottsberger *et al.* 1988, Aguiar *et al.* 2003 citados por Vélez 2012
Fabaceae/ Caesalpinioideae	*Chamaecrista hispidula*	Apidae/Centridini	*Centris (Centris) flavifrons*	V	Gottsberger *et al.* 1988, Aguiar *et al.* 2003 citados por Vélez 2012
Fabaceae/ Caesalpinioideae	*Chamaecrista hispidula*	Apidae/Centridini	*Centris (Hemisiella) tarsata*	V	Gottsberger *et al.* 1988, Aguiar *et al.* 2003 citados por Vélez 2012
Fabaceae/ Caesalpinioideae	*Chamaecrista hispidula*	Apidae/Centridini	*Centris (Hemisiella) trigonoi-des*	V	Gottsberger *et al.* 1988, Aguiar *et al.* 2003 citados por Vélez 2012
Fabaceae/ Caesalpinioideae	*Chamaecrista ramosa*	Apidae/Centridini	*Centris (Centris) aenea*	V	Silva y Martin 1999 citado por Vélez 2012
Fabaceae/ Caesalpinioideae	*Chamaecrista ramosa*	Apidae/Centridini	*Centris (Hemisiella) tarsata*	V	Silva y Martin 1999 citado por Vélez 2012
Fabaceae/ Caesalpinioideae	*Chamaecrista* sp.	Apidae/Xylocopini	*Xylocopa frontalis*	VP	Peláez 2004
Fabaceae/ Caesalpinioideae	*Delonix regia*	Apidae/Xylocopini	*Xylocopa* frontalis	VP	Peláez 2004
Fabaceae/ Caesalpinioideae	*Hymenaea courbaril*	Apidae/Xylocopini	*Xylocopa frontalis*	VP	Peláez 2004
Fabaceae/ Caesalpinioideae	*Poeppigia procera*	Apidae/Centridini	*Centris (Centris) aenea*	V	Aguiar *et al.* 2003, Aguiar 2003 a y b citados por Vélez 2012
Fabaceae/ Caesalpinioideae	*Poeppigia procera*	Apidae/Centridini	*Centris (Hemisiella) tarsata*	V	Aguiar *et al.* 2003 citado por Vélez 2012
Fabaceae/ Caesalpinioideae	*Senna latifolia*	Apidae/Centridini	*Centris (Centris) flavifrons*	V	Rebelo 1995 citado por Vélez 2012

Familia planta	Especie planta	Familia/ Tribu abeja	Especie de abejas	Tipo de interacción	Fuente
Fabaceae/ Caesalpinioideae	*Senna multiglandulosa*	Apidae/Eucerini	*Thygater aethiops*	V	González y Ospina, 2008
Fabaceae/ Caesalpinioideae	*Senna reticulata*	Apidae/Xylocopini	*Xylocopa frontalis*	VP	Peláez 2004
Fabaceae/ Caesalpinioideae	*Senna spectabilis*	Apidae/Centridini	*Centris (Melacentris) obsoleta*	V	Aguiar *et al.* 2003 citado por Vélez 2012
Fabaceae/ Caesalpinioideae	*Senna viarum*	Apidae/Bombini	*Bombus* spp.	VP	Nates Parra *et al.* 2006
Fabaceae/ Caesalpinioideae	*Senna viarum*	Apidae/Eucerini	*Thygater aethiops*	VP	Nates Parra *et al.* 2006
Fabaceae/ Caesalpinioideae	*Tamarindus indica*	Apidae/Centridini	*Centris (Hemisiella) tarsata*	V	Aguiar *et al.* 2003 citado por Vélez 2012
Fabaceae/ Mimosoideae	*Inga oerstediana*	Apidae/Meliponini	*Tetragonisca angustula*	V	Giraldo *et al.* 2011
Fabaceae/ Mimosoideae	*Inga* sp.	Apidae/Meliponini	*Nannotrigona testaceicornis*	VPN	Jaramillo *et al.* 2012
Fabaceae/ Mimosoideae	*Mimosa albida*	Apidae/Meliponini	*Tetragonisca angustula*	V	Giraldo *et al.* 2011
Fabaceae/ Mimosoideae	*Mimosa arenosa*	Apidae/Centridini	*Centris (Centris) aenea*	V	Aguiar y Gaglianone 2003, Aguiar *et al.* 2003 citados por Vélez 2012
Fabaceae/ Mimosoideae	*Mimosa pigra*	Apidae/Eucerini	*Thygater crawfordi*	V	Aguilar y Smith 2009
Fabaceae/ Mimosoideae	*Mimosa pigra*	Apidae/Meliponini	*Melipona fasciata*	V	Aguilar y Smith 2009
Fabaceae/ Mimosoideae	*Mimosa pigra*	Apidae/Meliponini	*Nannotrigona mellaria*	V	Aguilar y Smith 2009
Fabaceae/ Mimosoideae	*Mimosa pigra*	Apidae/Meliponini	*Nannotrigona testaceicornis*	V	Aguilar y Smith 2009
Fabaceae/ Mimosoideae	*Mimosa pigra*	Apidae/Meliponini	*Scaptotrigona pectoralis*	V	Aguilar y Smith 2009

Familia planta	Especie planta	Familia/ Tribu abeja	Especie de abejas	Tipo de interacción	Fuente
Fabaceae/ Mimosoideae	*Mimosa pigra*	Apidae/Meliponini	*Tetragona dorsalis*	V	Aguilar y Smith 2009
Fabaceae/ Mimosoideae	*Mimosa pigra*	Apidae/Meliponini	*Trigona angustula*	V	Aguilar y Smith 2009
Fabaceae/ Mimosoideae	*Mimosa pigra*	Apidae/Meliponini	*Trigona fuscipennis*	V	Aguilar y Smith 2009
Fabaceae/ Mimosoideae	*Mimosa pigra*	Apidae/Meliponini	*Trigona muzoensis*	V	Aguilar y Smith 2009
Fabaceae/ Mimosoideae	*Mimosa pigra*	Apidae/Meliponini	*Trigona nigerrima*	V	Aguilar y Smith 2009
Fabaceae/ Mimosoideae	*Mimosa pigra*	Halictidae/Halictini	*Lasioglossum* sp.	V	Aguilar y Smith 2009
Fabaceae/ Mimosoideae	*Mimosa pigra*	Megachilidae	*Anthodioctes* sp.	V	Aguilar y Smith 2009
Fabaceae/ Mimosoideae	*Mimosa pudica*	Apidae/Meliponini	*Nannotrigona mellaria*	VP	Jaramillo *et al.* 2012
Fabaceae/ Mimosoideae	*Mimosa pudica*	Apidae/Meliponini	Nannotrigona sp.	V	Giraldo *et al.* 2011
Fabaceae/ Mimosoideae	*Mimosa pudica*	Apidae/Meliponini	*Nannotrigona testaceicornis*	VP	Jaramillo *et al.* 2012
Fabaceae/ Mimosoideae	*Mimosa pudica*	Apidae/Meliponini	*Paratrigona opaca*	V	Giraldo *et al.* 2011
Fabaceae/ Mimosoideae	*Mimosa pudica*	Apidae/Meliponini	*Tetragonisca angustula*	V	Giraldo *et al.* 2011
Fabaceae/ Papilionoideae	*Aeschynomene americana*	Apidae/Meliponini	*Frieseomelitta* sp.	V	Giraldo *et al.* 2011
Fabaceae/ Papilionoideae	*Aeschynomene americana*	Apidae/Meliponini	*Nannotrigona* sp.	V	Giraldo *et al.* 2011
Fabaceae/ Papilionoideae	*Aeschynomene americana*	Apidae/Meliponini	*Tetragonisca angustula*	V	Giraldo *et al.* 2011

Familia planta	Especie planta	Familia/ Tribu abeja	Especie de abejas	Tipo de interacción	Fuente
Fabaceae/ Papilionoideae	*Aeschynomene* sp.	Apidae/Meliponini	*Nannotrigona testaceicornis*	VN	Jaramillo *et al.* 2012
Fabaceae/ Papilionoideae	*Andira inermis*	Apidae/Centridini	*Centris (Heterocentris) analis*	V	Frankie *et al.* 1976 citado por Vélez 2012
Fabaceae/ Papilionoideae	*Bowdichia virgilioides*	Apidae/Centridini	*Centris (Centris) aenea*	V	Aguiar *et al.* 2003 citado por Vélez 2012
Fabaceae/ Papilionoideae	*Bowdichia virgilioides*	Apidae/Centridini	*Centris (Hemisiella) tarsata*	V	Aguiar *et al.* 2003 citado por Vélez 2012
Fabaceae/ Papilionoideae	*Bowdichia virgilioides*	Apidae/Centridini	*Centris (Hemisiella) trigonoides*	V	Silva y Martin 1999 citado por Vélez 2012
Fabaceae/ Papilionoideae	*Centrosema brasilianum*	Apidae/Centridini	*Centris (Centris) aenea*	V	Silva y Martin 1999 citado por Vélez 2012
Fabaceae/ Papilionoideae	*Centrosema brasilianum*	Apidae/Centridini	*Centris (Hemisiella) trigonoides*	V	Aguiar *et al.* 2003 citado por Vélez 2012
Fabaceae/ Papilionoideae	*Centrosema plumieri*	Apidae/Xylocopini	*Xylocopa frontalis*	VP	Peláez 2004
Fabaceae/ Papilionoideae	*Centrosema* sp.	Apidae/Centridini	*Centris (Centris) flavifrons*	V	Vélez 2012
Fabaceae/ Papilionoideae	*Centrosema virginianum*	Apidae/Centridini	*Centris (Centris) flavifrons*	V	Vélez 2012
Fabaceae/ Papilionoideae	*Centrosema virginianum*	Apidae/Centridini	*Centris (Trachina)* sp.	V	Vélez 2012
Fabaceae/ Papilionoideae	*Chaetocalyx scandens*	Apidae/Centridini	*Centris (Centris) aenea*	V	Aguiar *et al.* 2003, Aguiar y Gaglianone 2003 citados por Vélez 2012
Fabaceae/ Papilionoideae	*Chaetocalyx scandens*	Apidae/Centridini	*Centris (Hemisiella) trigonoides*	V	Silva & Martin 1999 citado por Vélez 2012
Fabaceae/ Papilionoideae	*Crotalaria* sp.	Apidae/Xylocopini	*Xylocopa frontalis*	VP	Peláez 2004
Fabaceae/ Papilionoideae	*Desmodium pachyrhiza*	Apidae/Centridini	*Centris (Hemisiella) tarsata*	V	Pedro 1994 citado por Vélez 2012

Familia planta	Especie planta	Familia/ Tribu abeja	Especie de abejas	Tipo de interacción	Fuente
Fabaceae/ Papilionoideae	*Desmodium uncinatum*	Apidae/Eucerini	*Thygater aethiops*	V	González y Ospina, 2008
Fabaceae/ Papilionoideae	*Dioclea virgata*	Apidae/Centridini	*Centris (Centris) flavifrons*	V	Rebelo 1995 citado por Vélez 2012
Fabaceae/ Papilionoideae	*Dipteryx panamensis*	Apidae/Centridini	*Centris (Centris) flavifrons*	V	Thiele 2002 citado por Vélez 2012
Fabaceae/ Papilionoideae	*Dipteryx panamensis*	Apidae/Centridini	*Centris (Hemisiella) vittata*	V	Vinson *et al.* 1997 citado por Vélez 2012
Fabaceae/ Papilionoideae	*Dipteryx panamensis*	Apidae/Centridini	*Centris (Heterocentris) analis*	V	Thiele 2002 citado por Vélez 2012
Fabaceae/ Papilionoideae	*Dipteryx panamensis*	Apidae/Centridini	*Centris (Trachina) longimana*	V	Thiele 2002 citado por Vélez 2012
Fabaceae/ Papilionoideae	*Dussia macroprophyllata*	Apidae/Centridini	*Centris (Aphemisia) plumipes*	V	Thiele 2002 citado por Vélez 2012
Fabaceae/ Papilionoideae	*Dussia macroprophyllata*	Apidae/Centridini	*Centris (Centris) flavifrons*	V	Thiele 2002 citado por Vélez 2012
Fabaceae/ Papilionoideae	*Dussia macroprophyllata*	Apidae/Centridini	*Centris (Hemisiella) vittata*	V	Thiele 2002 citado por Vélez 2012
Fabaceae/ Papilionoideae	*Dussia macroprophyllata*	Apidae/Centridini	*Centris (Heterocentris) analis*	V	Thiele 2002 citado por Vélez 2012
Fabaceae/ Papilionoideae	*Dussia macroprophyllata*	Apidae/Centridini	*Centris (Trachina) longimana*	V	Thiele 2002 citado por Vélez 2012
Fabaceae/ Papilionoideae	*Dussia* sp.	Apidae/Centridini	*Centris (Aphemisia) plumipes*	V	Snelling 1984 citado por Vélez 2012
Fabaceae/ Papilionoideae	*Erythrina* sp.	Apidae/Xylocopini	*Xylocopa frontalis*	VP	Peláez 2004
Fabaceae/ Papilionoideae	*Gliricidia sepium*	Apidae/Bombini	*Bombus pullatus*	V	Lievano y Ospina 1984
Fabaceae/ Papilionoideae	*Gliricidia sepium*	Apidae/Meliponini	*Melipona favosa*	V	Giraldo *et al.* 2011

Familia planta	Especie planta	Familia/ Tribu abeja	Especie de abejas	Tipo de interacción	Fuente
Fabaceae/ Papilionoideae	*Gliricidia sepium*	Apidae/Meliponini	*Tetragonisca angustula*	V	Giraldo *et al.* 2011
Fabaceae/ Papilionoideae	*Gliricidia sepium*	Apidae/Xylocopini	*Xylocopa frontalis*	VP	Peláez 2004
Fabaceae/ Papilionoideae	*Hymenolobium* sp.	Apidae/Centridini	*Centris (Aphemisia) plumipes*	V	Snelling 1984 citado por Vélez 2012
Fabaceae/ Papilionoideae	*Lupinus bogotensis*	Apidae/Bombini	*Bombus funebris*	V	Cuervo 2002
Fabaceae/ Papilionoideae	*Lupinus* sp.	Apidae/Bombini	*Bombus atratus*	V	Nates-Parra *et al.*, 2006
Fabaceae/ Papilionoideae	*Lupinus* sp.	Apidae/Bombini	*Bombus robustus*	V	Nates-Parra *et al.*, 2006
Fabaceae/ Papilionoideae	*Lupinus* sp.	Apidae/Bombini	*Bombus rubicundus*	V	Nates-Parra *et al.*, 2006
Fabaceae/ Papilionoideae	*Lupinus* sp.	Apidae/Bombini	*Bombus funebris*	V	Lievano y Ospina 1984
Fabaceae/ Papilionoideae	*Lupinus* sp.	Apidae/Bombini	*Bombus robustus*	V	Lievano & Ospina 1984
Fabaceae/ Papilionoideae	*Lupinus* spp.	Apidae/Bombini	*Bombus atratus*	VN	Nates Parra *et al.* 2006
Fabaceae/ Papilionoideae	*Lupinus* spp.	Apidae/Bombini	*Bombus robustus*	VN	Nates Parra *et al.* 2006
Fabaceae/ Papilionoideae	*Lupinus* spp.	Apidae/Bombini	*Bombus rubicundus*	VN	Nates Parra *et al.* 2006
Fabaceae/ Papilionoideae	*Machaerium sp.*	Apidae/Meliponini	*Nannotrigona testaceicornis*	VN	Jaramillo *et al.* 2012
Fabaceae/ Papilionoideae	*Macroptilium atropurpureum*	Apidae/Centridini	Centris (Centris) aenea	V	Aguiar *et al.* 2003 citado por Vélez 2012
Fabaceae/ Papilionoideae	*Macroptilium* sp.	Apidae/Centridini	Centris (Hemisiella) tarsata	V	Aguiar *et al.* 2003 citado por Vélez 2012

Familia planta	Especie planta	Familia/ Tribu abeja	Especie de abejas	Tipo de interacción	Fuente
Fabaceae/ Papilionoideae	*Phaseolus apendiculatum*	Apidae/Bombini	*Bombus pullatus*	V	Lievano y Ospina 1984
Fabaceae/ Papilionoideae	*Phaseolus lunatus*	Apidae/Bombini	*Bombus excellens*	V	Lievano y Ospina 1984
Fabaceae/ Papilionoideae	*Phaseolus lunatus*	Apidae/Bombini	*Bombus melaleucus*	V	Lievano y Ospina, 1984
Fabaceae/ Papilionoideae	*Phaseolus* sp.	Apidae/Bombini	*Bombus atratus*	V	Gómez, 2012
Fabaceae/ Papilionoideae	*Phaseolus* sp.	Apidae/Eucerini	*Thygater* sp.	V	Gómez, 2012
Fabaceae/ Papilionoideae	*Phaseolus* sp.	Apidae/Xylocopini	*Xylocopa frontalis*	VP	Peláez 2004
Fabaceae/ Papilionoideae	*Phaseolus vulgaris*	Apidae/Centridini	*Centris (Centris) nitens*	V	Santana *et al.* 2002 citado por Vélez 2012
Fabaceae/ Papilionoideae	*Phaseolus vulgaris*	Apidae/Centridini	*Centris (Hemisiella) tarsata*	V	Santana *et al.* 2002 citado por Vélez 2012
Fabaceae/ Papilionoideae	*Phaseolus vulgaris*	Apidae/Eucerini	*Thygater aethiops*	V	González y Ospina, 2008
Fabaceae/ Papilionoideae	*Phaseolus vulgaris*	Apidae/Xylocopini	*Xylocopa frontalis*	VP	Peláez 2004
Fabaceae/ Papilionoideae	*Phaseoulus vulgaris*	Apidae/Bombini	*Bombus atratus*	V	Lievano y Ospina, 1984
Fabaceae/ Papilionoideae	*Pisum sativum*	Apidae/Bombini	*Bombus atratus*	V	Lievano y Ospina, 1984
Fabaceae/ Papilionoideae	*Pisum sp.*	Apidae/Bombini	*Bombus atratus*	V	Lievano y Ospina, 1984
Fabaceae/ Papilionoideae	*Sesbania emerus*	Apidae/Centridini	*Centris (Hemisiella) trigonoides*	V	Aguiar *et al.* 2003 citado por Vélez 2012
Fabaceae/ Papilionoideae	*Trifolium pratense*	Apidae/Bombini	*Bombus atratus*	V	Nates-Parra *et al.* 2006, Lobatón *et al.* 2012

Familia planta	Especie planta	Familia/ Tribu abeja	Especie de abejas	Tipo de interacción	Fuente
Fabaceae/ Papilionoideae	*Trifolium pratense*	Apidae/Bombini	*Bombus atratus*	VN	Nates Parra *et al.* 2006; Gómez 2012
Fabaceae/ Papilionoideae	*Trifolium pratense*	Apidae/Bombini	*Bombus hortulanus*	V	Lievano y Ospina, 1984
Fabaceae/ Papilionoideae	*Trifolium pratense*	Apidae/Bombini	*Bombus robustus*	V	Lievano y Ospina, 1984
Fabaceae/ Papilionoideae	*Trifolium pratense*	Apidae/Eucerini	*Thygater aethiops*	V	González y Ospina 2008
Fabaceae/ Papilionoideae	*Trifolium pratense*	Apidae/Eucerini	*Thygater aethiops*	VN	Nates Parra *et al.* 2006
Fabaceae/ Papilionoideae	*Trifolium repens*	Apidae/Bombini	*Bombus hortulanus*	V	Cuervo 2002
Fabaceae/ Papilionoideae	*Trifolium repens*	Apidae/Bombini	*Bombus melaleucus*	V	Gómez, 2012
Fabaceae/ Papilionoideae	*Trifolium repens*	Apidae/Bombini	*Bombus robustus*	V	Lievano y Ospina 1984
Fabaceae/ Papilionoideae	*Trifolium repens*	Apidae/Bombini	*Bombus rubicundus*	V	Cuervo 2002
Fabaceae/ Papilionoideae	*Trifolium repens*	Apidae/Eucerini	*Thygater aethiops*	V	González y Ospina, 2008
Fabaceae/ Papilionoideae	*Trifolium repens*	Apidae/Exomalopsini	*Exomalopsis* spp.	V	Gómez, 2012
Fabaceae/ Papilionoideae	*Ulex europaeus*	Apidae/Eucerini	*Thygater aethiops*	V por polen	Pinilla *et al.* 2013
Fabaceae/ Papilionoideae	*Vigna* sp.	Apidae/Centridini	*Centris (Hemisiella) trigonoides*	V	Albuquerque & Mendonca 1996 citado por Vélez 2012
Gentianaceae	*Gentianella corymbosa*	Apidae/Bombini	*Bombus funebris*	V	Cuervo 2002
Gentianaceae	*Gentianella corymbosa*	Apidae/Bombini	*Bombus rubicundus*	V	Cuervo 2002
Gentianaceae	*Halenia asclepiadea*	Apidae/Bombini	*Bombus rubicundus*	V	Cuervo 2002

Familia planta	Especie planta	Familia/ Tribu abeja	Especie de abejas	Tipo de interacción	Fuente
Geraniaceae	*Pelargonium* sp.	Apidae/Eucerini	*Thygater aethiops*	VP	Nates Parra *et al.* 2006
Gesneriaceae	Especie no identificada	Apidae/Xylocopini	*Xylocopa fimbriata*	V	Núñez *et al.* 2008
Hypericaceae	Especie no identificada	Apidae/Centridini	*Centris (Hemisiella) tarsata*	V	Vélez 2012
Hypericaceae	*Hypericum goyanesii*	Apidae/Bombini	*Bombus hortulanus*	V	Rubio, 2013
Hypericaceae	*Hypericum goyanesii*	Apidae/Bombini	*Bombus rubicundus*	V	Rubio, 2013
Hypericaceae	*Hypericum myricariifolium*	Apidae/Bombini	*Bombus hortulanus*	V	Cuervo 2002
Hypericaceae	*Hypericum myricariifolium*	Apidae/Bombini	*Bombus rubicundus*	V	Cuervo 2002
Hypericaceae	*Hypericum strictum*	Apidae/Bombini	*Bombus rubicundus*	V	Cuervo 2002
Hypericaceae	*Vismia baccifera*	Apidae/Meliponini	*Melipona eburnea*	V	Giraldo *et al.* 2011
Hypericaceae	*Vismia baccifera*	Apidae/Meliponini	*Tetragonisca angustula*	V	Giraldo *et al.* 2011
Iridaceae	*Crocosmia aurea*	Apidae/Eucerini	*Thygater aethiops*	VP	Nates Parra *et al.* 2006
Iridaceae	*Crocosmia aurea*	Apidae/Euglossini	*Eulaema polyzona*	VP	Nates Parra *et al.* 2006
Iridaceae	*Crocosmia aurea*	Halictidae/Halictini	*Caenohalictus* sp.	VP	Nates Parra *et al.* 2006
Lamiaceae	*Clerodendrum* sp.	Apidae/Xylocopini	*Xylocopa frontalis*	VP	Peláez 2004
Lamiaceae	*Hyptis aff. brachiata*	Apidae/Meliponini	*Nannotrigona testaceicornis*	VPN	Jaramillo *et al.* 2012
Lamiaceae	*Hyptis brachiata*	Apidae/Meliponini	*Tetragonisca angustula*	V	Giraldo *et al.* 2011
Lamiaceae	*Hyptis mutabilis*	Apidae/Meliponini	*Tetragonisca angustula*	V	Giraldo *et al.* 2011
Lamiaceae	*Hyptis* sp.	Apidae/Bombini	*Bombus atratus*	V	Lievano y Ospina 1984
Lamiaceae	*Hyptis* sp.	Apidae/Centridini	*Centris (Centris) aenea*	V	Silveira *et al.* 1993 citado por Vélez 2012
Lamiaceae	*Hyptis* sp.	Apidae/Centridini	*Centris (Hemisiella) tarsata*	V	Silveira *et al.* 1993 citado por Vélez 2012
Lamiaceae	*Salvia × tunica-mariae*	Andrenidae/ Protandrenini	*Protandrena* sp.	V	Fernández-Alonso, 2008
Lamiaceae	*Salvia × tunica-mariae*	Apidae/Anthophorini	*Anthophora* sp.	V	Fernández-Alonso, 2008

Familia planta	Especie planta	Familia/ Tribu abeja	Especie de abejas	Tipo de interacción	Fuente
Lamiaceae	*Salvia* × *tunica-mariae*	Apidae/Eucerini	Especie no identificada	V	Fernández-Alonso, 2008
Lamiaceae	*Salvia* × *tunica-mariae*	Apidae/Eucerini	*Thygater aethiops*	V	Fernández-Alonso, 2008
Lamiaceae	*Salvia* × *tunica-mariae*	Apidae/Eucerini	*Thygater* sp.	V	Fernández-Alonso, 2008
Lamiaceae	*Salvia* × *tunica-mariae*	Halictidae/Augochlo-rini	*Andinaugochlora* sp.	V	Fernández-Alonso, 2008
Lamiaceae	*Salvia* × *tunica-mariae*	Halictidae/Halictini	*Caenohalictus* sp.	V	Fernández-Alonso, 2008
Lamiaceae	*Salvia bogotensis*	Apidae/Anthophorini	*Anthophora walteri*	VNP	Nates Parra *et al.* 2006, González y Cháves 2004, González *et al.* 2006
Lamiaceae	*Salvia bogotensis*	Apidae/Eucerini	*Thygater aethiops*	V	González y Ospina, 2008
Lamiaceae	*Salvia chicamochae*	Apidae/Anthophorini	*Anthophora* sp.	V	Fernández-Alonso, 2008
Lamiaceae	*Salvia chicamochae*	Apidae/Eucerini	*Thygater aethiops*	V	Fernández-Alonso, 2008
Lamiaceae	*Salvia chicamochae*	Apidae/Eucerini	*Thygater* sp.	V	Fernández-Alonso, 2008
Lamiaceae	*Salvia chicamochae*	Halictidae/Augochlo-rini	Andinaugochlora sp.	V	Fernández-Alonso, 2008
Lamiaceae	*Salvia chicamochae*	Megachilidae	*Megachile* sp.	V	Fernández-Alonso, 2008
Lamiaceae	*Salvia cuatrecasana*	Apidae/Eucerini	*Thygater aethiops*	V	González y Ospina, 2008
Lamiaceae	*Salvia rubescens*	Apidae/Eucerini	*Thygater* sp.	V	Fernández-Alonso, 2008
Lamiaceae	*Salvia sordida*	Apidae/Bombini	*Bombus atratus*	V	Bernal González 2004
Lamiaceae	*Salvia sordida*	Apidae/Bombini	*Bombus hortulanus*	V	Bernal González 2004
Lamiaceae	*Salvia sordida*	Apidae/Eucerini	*Thygater aethiops*	V	Bernal González 2004
Lamiaceae	*Salvia sordida*	Halictidae/Augochlo-rini	*Augochlorella* sp.	V	Bernal González 2004
Lamiaceae	*Salvia sordida*	Megachilidae	*Megachile* sp.	V	Bernal González 2004
Lamiaceae	*Salvia* sp.	Apidae/Bombini	*Bombus atratus*	V	Lievano y Ospina 1984
Lamiaceae	*Stachys elliptica*	Apidae/Bombini	*Bombus funebris*	V	Rubio, 2013

Familia planta	Especie planta	Familia/ Tribu abeja	Especie de abejas	Tipo de interacción	Fuente
Lamiaceae	*Stachys elliptica*	Apidae/Bombini	*Bombus rubicundus*	V	Rubio, 2013
Lamiaceae	*Stachys* sp.	Apidae/Bombini	*Bombus atratus*	V	Lievano y Ospina 1984
Lamiaceae	*Stachys* sp.	Apidae/Bombini	*Bombus pullatus*	V	Lievano y Ospina 1984
Lamiaceae	*Vitex sp.*	Apidae/Bombini	*Bombus pullatus*	V	Lievano y Ospina 1984
Lauraceae	*Cassytha filiformis*	Apidae/Centridini	*Centris (Centris) flavifrons*	V	Silva y Martin 1999 citado por Vélez 2012
Lecythidaceae	*Eschweilera bogotensis*	Apidae/Centridini	*Epicharis rustica*	PP	Gamboa Gaitán 1997
Lecythidaceae	*Eschweilera bogotensis*	Apidae/Euglossini	*Eulaema meriana*	V	Gamboa Gaitán 1997
Lecythidaceae	*Eschweilera bogotensis*	Apidae/Meliponini	*Trigona amalthea*	V	Gamboa Gaitán 1997
Lythraceae	*Adenaria floribunda*	Apidae/Meliponini	*Melipona eburnea*	V	Giraldo *et al.* 2011
Lythraceae	*Adenaria floribunda*	Apidae/Meliponini	*Tetragonisca angustula*	V	Giraldo *et al.* 2011
Lythraceae	*Cuphea* sp.	Apidae/Bombini	*Bombus atratus*	V	Lievano y Ospina 1984
Lythraceae	*Cuphea* sp.	Apidae/Bombini	*Bombus excellens*	V	Gómez, 2012
Lythraceae	*Cuphea* sp.	Apidae/Bombini	*Bombus pullatus*	V	Lievano y Ospina 1984
Lythraceae	*Cuphea* sp.	Apidae/Centridini	*Centris (Hemisiella) trigonoides*	V	Silva y Martin 1999 citado por Vélez 2012
Malpighiaceae	*Banisteriopsis muricata*	Apidae/Centridini	*Centris (Heterocentris) analis*	V	Sazima y Sazima 1989 citado por Vélez 2012
Malpighiaceae	Banisteriopsis muricata	Apidae/Centridini	*Centris (Trachina) similis*	V	Sazima y Sazima 1989 citado por Vélez 2012
Malpighiaceae	*Banisteriopsis* sp.	Apidae/Centridini	*Centris (Centris) flavifrons*	V	Albuquerque y Mendonca 1996 citado por Vélez 2012
Malpighiaceae	*Banisteriopsis* sp.	Apidae/Centridini	*Centris (Trachina) longimana*	V	Albuquerque & Mendonca 1996 citado por Vélez 2012
Malpighiaceae	*Byrsonima coccolobifolia*	Apidae/Centridini	*Centris (Centris) flavifrons*	V	Gottsberger 1986, Barros 1992, Aguiar *et al.* 2003 citados por Vélez 2012
Malpighiaceae	*Byrsonima coccolobifolia*	Apidae/Centridini	*Centris (Centris) nitens*	V	Gottsberger 1986 citado por Vélez 2012

Familia planta	Especie planta	Familia/ Tribu abeja	Especie de abejas	Tipo de interacción	Fuente
Malpighiaceae	*Byrsonima crassifolia*	Apidae/Centridini	*Centris (Centris) aenea*	V	Vélez 2012
Malpighiaceae	*Byrsonima crassifolia*	Apidae/Centridini	*Centris (Centris) cf. spilopoda*	V	Vélez 2012
Malpighiaceae	*Byrsonima crassifolia*	Apidae/Centridini	*Centris (Centris) flavifrons*	V	Rego y Albuquerque 1989; Vinson *et al.* 1996; Vinson *et al.* 1997 citados por Vélez 2012
Malpighiaceae	*Byrsonima crassifolia*	Apidae/Centridini	*Centris (Centris) varia*	V	Vélez 2012
Malpighiaceae	*Byrsonima crassifolia*	Apidae/Centridini	*Centris (Hemisiella) tarsata*	V	Rego y Albuquerque 1989 citado por Vélez 2012
Malpighiaceae	*Byrsonima crassifolia*	Apidae/Centridini	*Centris (Hemisiella) trigonoides*	V	Vinson *et al.* 1997 citado por Vélez 2012
Malpighiaceae	*Byrsonima crassifolia*	Apidae/Centridini	*Centris (Hemisiella) vittata*	V	Cure *et al.* 1993 citado por Vélez 2012
Malpighiaceae	*Byrsonima crassifolia*	Apidae/Centridini	*Centris (Heterocentris) analis*	V	Rego y Albuquerque 1989; Vinson *et al.* 1997 citado por Vélez 2012
Malpighiaceae	*Byrsonima crassifolia*	Apidae/Centridini	*Centris (Heterocentris) bicornuta*	V	Vinson *et al.* 1997 citado por Vélez 2012
Malpighiaceae	*Byrsonima crassifolia*	Apidae/Centridini	*Centris (Trachina) longimana*	V	Rego y Albuquerque 1989 citado por Vélez 2012
Malpighiaceae	*Byrsonima crassifolia*	Apidae/Centridini	*Centris* sp.	PP	Núñez *et al.* 2010
Malpighiaceae	*Byrsonima crassifolia*	Apidae/Centridini	*Epicharis* sp.	PP	Núñez *et al.* 2010
Malpighiaceae	*Byrsonima spicata*	Apidae/Centridini	*Centris (Centris) aenea*	V	Vélez 2012
Malpighiaceae	*Byrsonima spicata*	Apidae/Centridini	*Centris (Centris) cf. adani*	V	Vélez 2012
Malpighiaceae	*Byrsonima spicata*	Apidae/Centridini	*Centris (Centris) cf. spilopoda*	V	Vélez 2012
Malpighiaceae	*Byrsonima spicata*	Apidae/Centridini	*Centris (Centris) nitens*	V	Vélez 2012
Malpighiaceae	*Byrsonima spicata*	Apidae/Centridini	*Centris (Centris) varia*	V	Vélez 2012
Malpighiaceae	*Byrsonima spicata*	Apidae/Centridini	*Centris (Hemisiella) trigonoides*	V	Vélez 2012
Malpighiaceae	*Byrsonima spicata*	Apidae/Centridini	*Centris (Ptilotopus) derasa*	V	Vélez 2012
Malpighiaceae	*Byrsonima spicata*	Apidae/Centridini	*Centris (Trachina)* sp.	V	Vélez 2012

Familia planta	Especie planta	Familia/ Tribu abeja	Especie de abejas	Tipo de interacción	Fuente
Malpighiaceae	*Diplopterys pubipetala*	Apidae/Centridini	*Centris (Centris) aenea*	V	Aguiar y Gaglianone 2003; Gaglianone 2003 citados por Vélez 2012
Malpighiaceae	*Diplopterys pubipetala*	Apidae/Centridini	*Centris (Centris) nitens*	V	Gaglianone 2003 citado por Vélez 2012
Malpighiaceae	*Diplopterys pubipetala*	Apidae/Centridini	*Centris (Hemisiella) tarsata*	V	Gaglianone 2004 citado por Vélez 2012
Malpighiaceae	Especie no identificada	Apidae/Centridini	*Centris (Centris) nitens*	V	Gaglianone 2003 citado por Vélez 2012
Malpighiaceae	Especie no identificada	Apidae/Meliponini	*Nannotrigona testaceicornis*	VN	Jaramillo *et al.* 2012
Malpighiaceae	*Heteropterys* sp.	Apidae/Centridini	*Centris (Hemisiella) tarsata*	V	Aguiar *et al.* 2003 citado por Vélez 2012
Malpighiaceae	*Malpighia emarginata*	Apidae/Centridini	*Centris (Centris) aenea*	V	Martins *et al.* 1999; Freitas *et al.* 1999 citados por Vélez 2012
Malpighiaceae	*Malpighia emarginata*	Apidae/Centridini	*Centris (Hemisiella) tarsata*	V	Freitas *et al.* 1999 citado por Vélez 2012
Malpighiaceae	*Malpighia glabra*	Apidae/Centridini	*Centris (Centris) flavifrons*	V	Aguiar *et al.* 2003 citado por Vélez 2012
Malpighiaceae	*Malpighia glabra*	Apidae/Centridini	*Centris (Centris) flavifrons*	V	Magalhaes *et al.* 1997 citado por Vélez 2012
Malpighiaceae	*Malpighia glabra*	Apidae/Centridini	*Centris (Hemisiella) tarsata*	V	Aguiar *et al.* 2003 citado por Vélez 2012
Malpighiaceae	*Malpighia glabra*	Apidae/Centridini	*Centris (Hemisiella) trigonoides*	V	Aguiar *et al.* 2003 citado por Vélez 2012
Malpighiaceae	*Mascagnia cordifolia*	Apidae/Centridini	*Centris (Centris) nitens*	V	Gaglianone 2003 citado por Vélez 2012
Malpighiaceae	*Mascagnia* sp.	Apidae/Centridini	*Centris (Centris) aenea*	V	Ducke 1910 citado por Vélez 2012
Malpighiaceae	*Mascagnia* sp.	Apidae/Centridini	*Centris (Melacentris) obsoleta*	V	Ducke 1910 citado por Vélez 2012
Malpighiaceae	*Stigmaphyllon lindenianum*	Apidae/Centridini	*Centris (Heterocentris) analis*	V	Thiele 2002 citado por Vélez 2012
Malpighiaceae	*Stigmaphyllon lindenianum*	Apidae/Centridini	*Centris (Heterocentris) bicornuta*	V	Thiele 2002 citado por Vélez 2012
Malpighiaceae	*Stigmaphyllon lindenianum*	Apidae/Centridini	*Centris (Trachina) longimana*	V	Thiele 2002 citado por Vélez 2012
Malpighiaceae	Tetrapterys sp.	Apidae/Centridini	*Centris (Centris) aenea*	V	Aguiar *et al.* 2003 citado por Vélez 2012
Malpighiaceae	Tetrapterys sp.	Apidae/Centridini	*Centris (Hemisiella) tarsata*	V	Aguiar *et al.* 2003 citado por Vélez 2012
Malvaceae	*Herissantia crispa*	Apidae/Centridini	*Centris (Hemisiella) tarsata*	V	Aguiar *et al.* 2003 citado por Vélez 2012
Malvaceae/ Bombacoideae	*Ceiba pentandra*	Apidae/Meliponini	*Melipona favosa*	V	Giraldo *et al.* 2011

Familia planta	Especie planta	Familia/ Tribu abeja	Especie de abejas	Tipo de interacción	Fuente
Malvaceae/ Bombacoideae	Especie no identificada	Apidae/Meliponini	*Nannotrigona testaceicornis*	VN	Jaramillo *et al.* 2012
Malvaceae/ Bombacoideae	*Ochroma pyramidale*	Apidae/Meliponini	*Melipona favosa*	V	Giraldo *et al.* 2011
Malvaceae/ Bombacoideae	*Pseudobombax septenatum*	Apidae/Meliponini	*Melipona favosa*	V	Giraldo *et al.* 2011
Malvaceae/ Bombacoideae	*Pseudobombax septenatum*	Apidae/Meliponini	*Tetragonisca angustula*	V	Giraldo *et al.* 2011
Malvaceae/ Bombacoideae	*Pseudobombax* sp.	Apidae/Meliponini	*Nannotrigona sp.*	VPN	Jaramillo *et al.* 2012
Malvaceae/ Byttnerioideae	*Melochia parvifolia*	Apidae/Meliponini	*Melipona favosa*	V	Giraldo *et al.* 2011
Malvaceae/ Byttnerioideae	*Melochia parvifolia*	Apidae/Meliponini	*Tetragonisca angustula*	V	Giraldo *et al.* 2011
Malvaceae/ Byttnerioideae	*Melochia* sp.	Apidae/Centridini	*Centris (Centris) cf. adani*	V	Vélez 2012
Malvaceae/ Byttnerioideae	*Melochia* sp.	Apidae/Meliponini	*Nannotrigona* sp.	VP	Jaramillo *et al.* 2012
Malvaceae/ Byttnerioideae	*Melochia tomentosa*	Apidae/Centridini	*Centris (Centris) aenea*	V	Aguiar 2003 a y b; Aguiar y Gaglianone 2003; Aguiar *et al.* 2003 citados por Vélez 2012
Malvaceae/ Byttnerioideae	*Melochia tomentosa*	Apidae/Centridini	*Centris (Centris) flavifrons*	V	Aguiar *et al.* 2003 citados por Vélez 2012
Malvaceae/ Byttnerioideae	*Melochia tomentosa*	Apidae/Centridini	*Centris (Hemisiella) tarsata*	V	Vogel y Machado 1991, Aguiar *et al.* 2003 citados por Vélez 2012
Malvaceae/ Byttnerioideae	*Melochia tomentosa*	Apidae/Centridini	*Centris (Hemisiella) trigonoides*	V	Aguiar *et al.* 2003 citados por Vélez 2012
Malvaceae/ Byttnerioideae	*Melochia tomentosa*	Apidae/Centridini	*Centris (Hemisiella) vittata*	V	Aguiar *et al.* 2003 citados por Vélez 2012
Malvaceae/ Byttnerioideae	*Melochia tomentosa*	Apidae/Centridini	*Centris (Melacentris) obsoleta*	V	Aguiar *et al.* 2003 citados por Vélez 2012

Familia planta	Especie planta	Familia/ Tribu abeja	Especie de abejas	Tipo de interacción	Fuente
Malvaceae/ Byttnerioideae	*Theobroma cacao*	Apidae/Meliponini	*Tetragonisca angustula*	V	Giraldo *et al.* 2011
Malvaceae/ Grewioideae	*Corchorus orinocensis*	Apidae/Meliponini	*Melipona favosa*	V	Giraldo *et al.* 2011
Malvaceae/ Grewioideae	*Corchorus orinocensis*	Apidae/Meliponini	*Tetragonisca angustula*	V	Giraldo *et al.* 2011
Malvaceae/ Grewioideae	*Heliocarpus americanus*	Apidae/Meliponini	*Melipona eburnea*	V	Giraldo *et al.* 2011
Malvaceae/ Grewioideae	*Heliocarpus americanus*	Apidae/Meliponini	*Tetragonisca angustula*	V	Giraldo *et al.* 2011
Malvaceae/ Grewioideae	*Heliocarpus* sp.	Apidae/Meliponini	*Nannotrigona mellaria*	VPN	Jaramillo *et al.* 2012
Malvaceae/ Grewioideae	*Heliocarpus* sp.	Apidae/Meliponini	*Nannotrigona* sp.	VPN	Jaramillo *et al.* 2012
Malvaceae/ Grewioideae	*Heliocarpus* sp.	Apidae/Meliponini	*Nannotrigona testaceicornis*	VPN	Jaramillo *et al.* 2012
Malvaceae/ Grewioideae	*Heliocarpus* sp.	Apidae/Meliponini	*Nannotrigona tristella*	VN	Jaramillo *et al.* 2012
Malvaceae/ Grewioideae	*Triumfetta bogotensis*	Apidae/Meliponini	*Tetragonisca angustula*	V	Giraldo *et al.* 2011
Malvaceae/ Malvoideae	*Abutilon* sp.	Apidae/Bombini	*Bombus atratus*	V	Lievano y Ospina 1984
Malvaceae/ Malvoideae	*Abutilon* sp.	Apidae/Bombini	*Bombus hortulanus*	V	Lievano y Ospina 1984
Malvaceae/ Malvoideae	*Anoda crisata*	Apidae/Centridini	*Centris (Centris) cf. adani*	V	Vélez 2012
Malvaceae/ Malvoideae	*Anoda* sp.	Apidae/Centridini	*Centris (Centris) cf. adani*	V	Vélez 2012
Malvaceae/ Malvoideae	*Hibiscus grandiflorus*	Apidae/Eucerini	*Thygater aethiops*	V	González y Ospina, 2008

Familia planta	Especie planta	Familia/ Tribu abeja	Especie de abejas	Tipo de interacción	Fuente
Malvaceae/ Malvoideae	*Hibiscus* sp.	Apidae/Xylocopini	*Xylocopa frontalis*	VP	Peláez 2004
Malvaceae/ Malvoideae	*Sida acuta*	Apidae/Xylocopini	*Xylocopa frontalis*	VP	Peláez 2004
Malvaceae/ Sterculioideae	*Sterculia apetala*	Apidae/Meliponini	*Melipona favosa*	V	Giraldo *et al.* 2011
Malvaceae/ Sterculioideae	*Sterculia apetala*	Apidae/Meliponini	*Tetragonisca angustula*	V	Giraldo *et al.* 2011
Melastomataceae	*Blakea granatensis*	Apidae/Eucerini	*Thygater aethiops*	VP	Nates Parra *et al.* 2006
Melastomataceae	*Brachiotum* sp.	Apidae/Xylocopini	*Xylocopa frontalis*	VP	Peláez 2004
Melastomataceae	*Bucquetia glutinosa*	Apidae/Bombini	*Bombus funebris*	V	Lievano y Ospina 1984
Melastomataceae	*Bucquetia glutinosa*	Apidae/Bombini	*Bombus hortulanus*	V	Cuervo 2002
Melastomataceae	*Bucquetia glutinosa*	Apidae/Bombini	*Bombus rubicundus*	V	Cuervo 2002
Melastomataceae	Especie no identificada	Apidae/Centridini	*Centris (Aphemisia) quadri-maculata*	V	Vélez 2012
Melastomataceae	Especie no identificada	Apidae/Centridini	*Centris (Centris) nitens*	V	Vélez 2012
Melastomataceae	Especie no identificada	Apidae/Centridini	*Centris (Melacentris) obsoleta*	V	Vélez 2012
Melastomataceae	Especie no identificada	Apidae/Xylocopini	*Xylocopa fimbriata*	V	Núñez *et al.* 2008
Melastomataceae	*Miconia ligustrina*	Apidae/Meliponini	*Melipona favosa*	V	Giraldo *et al.* 2011
Melastomataceae	*Miconia ligustrina*	Apidae/Meliponini	*Tetragonisca angustula*	V	Giraldo *et al.* 2011
Melastomataceae	*Miconia serrulata*	Apidae/Bombini	*Bombus transversalis*	PP	Cadavid 2004
Melastomataceae	*Miconia serrulata*	Apidae/Centridini	*Centris* spp.	PP	Cadavid 2004
Melastomataceae	*Miconia serrulata*	Apidae/Euglossini	*Euglossa cyanura*	PP	Cadavid 2004
Melastomataceae	*Miconia serrulata*	Apidae/Euglossini	*Euglossa imperialis*	PP	Cadavid 2004
Melastomataceae	*Miconia serrulata*	Apidae/Euglossini	*Euglossa intersecta*	PP	Cadavid 2004
Melastomataceae	*Miconia serrulata*	Apidae/Euglossini	*Euglossa piliventris*	PP	Cadavid 2004

Familia planta	Especie planta	Familia/ Tribu abeja	Especie de abejas	Tipo de interacción	Fuente
Melastomataceae	*Miconia serrulata*	Apidae/Euglossini	*Eulaema meriana*	PP	Cadavid 2004
Melastomataceae	*Miconia serrulata*	Apidae/Euglossini	*Eulaema polychroma*	PP	Cadavid 2004
Melastomataceae	*Miconia serrulata*	Apidae/Meliponini	*Melipona rufiventris*	PP	Cadavid 2004
Melastomataceae	*Miconia serrulata*	Apidae/Meliponini	*Trigona* sp.	V	Cadavid 2004
Melastomataceae	*Miconia serrulata*	Apidae/Xylocopini	*Xylocopa frontalis*	PP	Cadavid 2004
Melastomataceae	*Miconia serrulata*	Halictidae	Especie no identificada	PP	Cadavid 2004
Melastomataceae	*Miconia* sp.	Apidae/Bombini	*Bombus funebris*	V	Cuervo 2002
Melastomataceae	*Miconia* sp.	Apidae/Bombini	*Bombus rubicundus*	V	Cuervo 2002
Melastomataceae	*Miconia* sp.	Apidae/Meliponini	*Nannotrigona mellaria*	VN	Jaramillo *et al.* 2012
Melastomataceae	*Miconia* sp.	Apidae/Meliponini	*Nannotrigona* sp.	VPN	Jaramillo *et al.* 2012
Melastomataceae	*Miconia* sp.	Apidae/Meliponini	*Nannotrigona tristella*	VN	Jaramillo *et al.* 2012
Melastomataceae	*Miconia* sp.	Apidae/Xylocopini	*Xylocopa frontalis*	VP	Peláez 2004
Melastomataceae	*Miconia summa*	Apidae/Bombini	*Bombus hortulanus*	V	Rubio, 2013
Melastomataceae	*Miconia summa*	Apidae/Bombini	*Bombus rubicundus*	V	Rubio, 2013
Melastomataceae	*Miconia turgida*	Apidae/Bombini	*Bombus hortulanus*	V	Lievano y Ospina 1984
Melastomataceae	*Tibouchina gracilis*	Apidae/Centridini	Centris (Melacentris) obso-leta	V	Alves-dos-Santos 1999 citado por Vélez 2012
Melastomataceae	*Tibouchina grossa*	Apidae/Bombini	*Bombus rubicundus*	V	Cuervo 2002; Gallo & Bayona 2006
Melastomataceae	*Tibouchina lepidota*	Apidae/Centridini	*Centris* sp.	V	Gómez 2012
Melastomataceae	*Tibouchina lepidota*	Apidae/Eucerini	*Thygater aethiops*	VP	Pinilla *et al.* 2013, Nates-Parra *et al.* 2006
Melastomataceae	*Tibouchina lepidota*	Apidae/Meliponini	*Melipona eburnea*	V	Giraldo *et al.* 2011
Melastomataceae	*Tibouchina lepidota*	Apidae/Meliponini	*Melipona grandis*	V	Giraldo *et al.* 2011
Melastomataceae	*Tibouchina lepidota*	Colletidae/Colletini	*Colletes* sp.	V	Gómez, 2012
Melastomataceae	*Tibouchina* sp.	Apidae/Bombini	*Bombus rubicundus*	V	Lievano & Ospina 1984

Familia planta	Especie planta	Familia/ Tribu abeja	Especie de abejas	Tipo de interacción	Fuente
Melastomataceae	*Tibouchina* sp.	Apidae/Eucerini	*Thygater aethiops*	V	González y Ospina, 2008
Melastomataceae	*Tibouchina* sp.	Apidae/Meliponini	*Nannotrigona testaceicornis*	VN	Jaramillo *et al.* 2012
Meliaceae	*Cedrela* sp.	Apidae/Meliponini	*Nannotrigona testaceicornis*	VP	Jaramillo *et al.* 2012
Muntingiaceae	*Muntingia calabura*	Apidae/Meliponini	*Nannotrigona mellaria*	VN	Jaramillo *et al.* 2012
Muntingiaceae	*Muntingia calabura*	Apidae/Meliponini	*Nannotrigona tristella*	VN	Jaramillo *et al.* 2012
Muntingiaceae	*Muntingia calabura*	Apidae/Meliponini	*Tetragonisca angustula*	V	Giraldo *et al.* 2011
Myrtaceae	*Calycolpus moritzianus*	Apidae/Meliponini	*Melipona eburnea*	V	Giraldo *et al.* 2011
Myrtaceae	*Campomanesia lineatifolia*	Apidae/Centridini	*Centris* sp.	V	Calderón-Acero 2012
Myrtaceae	*Campomanesia lineatifolia*	Apidae/Eucerini	Especie no identificada	V	Calderón-Acero 2012
Myrtaceae	*Campomanesia lineatifolia*	Apidae/Euglossini	*Eulaema cingulata*	V	Calderón-Acero 2012
Myrtaceae	*Campomanesia lineatifolia*	Apidae/Exomalopsini	*Exomalopsis* sp.	V	Calderón-Acero 2012
Myrtaceae	*Campomanesia lineatifolia*	Apidae/Meliponini	*Geotrigona* sp.	V	Calderón-Acero 2012
Myrtaceae	*Campomanesia lineatifolia*	Apidae/Meliponini	*Melipona eburnea*	PP	Calderón-Acero 2012
Myrtaceae	*Campomanesia lineatifolia*	Apidae/Meliponini	*Melipona melanoventer*	PP	Calderón-Acero 2012
Myrtaceae	*Campomanesia lineatifolia*	Apidae/Meliponini	*Partamona cf. batesi*	V	Calderón-Acero 2012
Myrtaceae	*Campomanesia lineatifolia*	Apidae/Meliponini	*Plebeia* sp.	V	Calderón-Acero 2012
Myrtaceae	*Campomanesia lineatifolia*	Apidae/Meliponini	*Scaptotrigona cf. barrocoloradensis*	V	Calderón-Acero 2012
Myrtaceae	*Campomanesia lineatifolia*	Apidae/Meliponini	*Scaptotrigona limae*	V	Calderón-Acero 2012
Myrtaceae	*Campomanesia lineatifolia*	Apidae/Meliponini	*Tetragonisca angustula*	V	Calderón-Acero 2012
Myrtaceae	*Campomanesia lineatifolia*	Apidae/Meliponini	*Trigona fulviventris*	V	Calderón-Acero 2012
Myrtaceae	*Campomanesia lineatifolia*	Apidae/Nomadini	*Nomada* sp.	V	Calderón-Acero 2012
Myrtaceae	*Campomanesia lineatifolia*	Apidae/Tapinotaspidini	*Paratetrapedia* sp.	V	Calderón-Acero 2012
Myrtaceae	*Campomanesia lineatifolia*	Apidae/Xylocopini	*Xylocopa frontalis*	VP	Peláez 2004

Familia planta	Especie planta	Familia/ Tribu abeja	Especie de abejas	Tipo de interacción	Fuente
Myrtaceae	*Campomanesia lineatifolia*	Apidae/Xylocopini	*Xylocopa* sp.	V	Calderón-Acero 2012
Myrtaceae	*Campomanesia lineatifolia*	Halictidae	Especie no identificada	V	Calderón-Acero 2012
Myrtaceae	*Campomanesia lineatifolia*	Megachilidae	*Megachile* sp.	V	Calderón-Acero 2012
Myrtaceae	*Eucalyptus* sp.	Apidae/Eucerini	*Thygater aethiops*	V	Nieto V. *et al.* 2012
Myrtaceae	*Myrcia sp.*	Apidae/Meliponini	*Nannotrigona testaceicornis*	VN	Jaramillo *et al.* 2012
Myrtaceae	*Myrcia sp.*	Apidae/Meliponini	*Nannotrigona tristella*	VN	Jaramillo *et al.* 2012
Myrtaceae	*Myrcia splendens*	Apidae/Meliponini	*Frieseomelitta* sp.	V	Giraldo *et al.* 2011
Myrtaceae	*Myrcia splendens*	Apidae/Meliponini	*Melipona eburnea*	V	Giraldo *et al.* 2011
Myrtaceae	*Myrcia splendens*	Apidae/Meliponini	*Melipona favosa*	V	Giraldo *et al.* 2011
Myrtaceae	*Myrcia splendens*	Apidae/Meliponini	*Melipona grandis*	V	Giraldo *et al.* 2011
Myrtaceae	*Myrcia splendens*	Apidae/Meliponini	*Tetragonisca angustula*	V	Giraldo *et al.* 2011
Myrtaceae	*Psidium guajava*	Apidae/Centridini	*Centris (Aphemisia) quadrimaculata*	V	Vélez 2012
Myrtaceae	*Psidium guajava*	Apidae/Meliponini	*Melipona eburnea*	V	Giraldo *et al.* 2011
Myrtaceae	*Psidium guajava*	Apidae/Meliponini	*Melipona grandis*	V	Giraldo *et al.* 2011
Myrtaceae	*Psidium guajava*	Apidae/Meliponini	*Nannotrigona testaceicornis*	VN	Jaramillo *et al.* 2012
Myrtaceae	*Psidium guajava*	Apidae/Meliponini	*Tetragonisca angustula*	V	Giraldo *et al.* 2011
Myrtaceae	Psidium guajava	Apidae/Xylocopini	*Xylocopa frontalis*	VP	Peláez 2004
Myrtaceae	*Syzygium jambos*	Apidae/Meliponini	*Nannotrigona mellaria*	VPN	Jaramillo *et al.* 2012
Myrtaceae	*Syzygium jambos*	Apidae/Meliponini	*Nannotrigona testaceicornis*	VPN	Jaramillo *et al.* 2012
Myrtaceae	*Syzygium jambos*	Apidae/Meliponini	*Nannotrigona tristella*	VN	Jaramillo *et al.* 2012
Myrtaceae	*Syzygium jambos*	Apidae/Xylocopini	*Xylocopa frontalis*	VP	Peláez 2004
Ochnaceae	*Ouratea spectabilis*	Apidae/Centridini	*Centris (Centris) aenea*	V	Aguiar y Gaglianone 2003 citado por Vélez 2012
Oleaceae	*Fraxinus chinensis*	Apidae/Meliponini	*Nannotrigona testaceicornis*	VPN	Jaramillo *et al.* 2012

Familia planta	Especie planta	Familia/ Tribu abeja	Especie de abejas	Tipo de interacción	Fuente
Oleaceae	*Jasminum* sp.	Apidae/Eucerini	*Thygater aethiops*	VN	Nates Parra *et al.* 2006
Oleaceae	*Jasminum* sp.	Halictidae/Halictini	*Caenohalictus* sp.	VN	Nates Parra *et al.* 2006
Oleaceae	Ligustrum sp.	Apidae/Bombini	*Bombus hortulanus*	V	Lievano y Ospina 1984
Onagraceae	*Fuchsia denticulata*	Apidae/Eucerini	*Thygater aethiops*	VN	Nates Parra *et al.* 2006
Onagraceae	*Fuchsia* sp.	Apidae/Eucerini	*Thygater aethiops*	V	Nieto V. *et al.* 2012
Orchidaceae	Especie no identificada	Apidae/Xylocopini	*Xylocopa fimbriata*	V	Núñez *et al.* 2008
Orobanchaceae	*Bartsia laniflora*	Apidae/Bombini	*Bombus funebris*	V	Cuervo 2002
Orobanchaceae	*Castilleja fissifolia*	Apidae/Bombini	*Bombus funebris*	V	Cuervo 2002
Orobanchaceae	*Castilleja fissifolia*	Apidae/Bombini	*Bombus hortulanus*	V	Cuervo 2002
Orobanchaceae	*Castilleja fissifolia*	Apidae/Bombini	*Bombus rubicundus*	V	Cuervo 2002
Orobanchaceae	*Castilleja integrifolia*	Apidae/Bombini	*Bombus funebris*	V	Cuervo 2002
Orobanchaceae	*Castilleja integrifolia*	Apidae/Bombini	*Bombus hortulanus*	V	Cuervo 2002
Orobanchaceae	*Castilleja integrifolia*	Apidae/Bombini	*Bombus rubicundus*	V	Cuervo 2002
Papaveraceae	*Papaver somniferum*	Apidae/Eucerini	*Thygater aethiops*	V	González y Ospina, 2008
Passifloraceae	Especie no identificada	Apidae/Meliponini	*Nannotrigona testaceicornis*	VN	Jaramillo *et al.* 2012
Passifloraceae	Especie no identificada	Apidae/Xylocopini	*Xylocopa fimbriata*	V	Núñez *et al.* 2008
Passifloraceae	*Passiflora bicornis*	Apidae/Xylocopini	*Xylocopa fimbriata*	V	Carreño *et al.* 2008
Passifloraceae	*Passiflora bicornis*	Apidae/Xylocopini	*Xylocopa frontalis*	V	Carreño *et al.* 2008
Passifloraceae	*Passiflora coriacea*	Apidae/Xylocopini	*Xylocopa frontalis*	V por polen	Peláez 2004
Passifloraceae	*Passiflora edulis*	Apidae/Centridini	*Centris (Aphemisia) quadrimaculata*	V	Vélez 2012
Passifloraceae	*Passiflora edulis*	Apidae/Xylocopini	*Xylocopa frontalis*	VP	Peláez 2004
Passifloraceae	*Passiflora edulis*	Apidae/Xylocopini	*Xylocopa* spp.	V	Calle *et al.* 2010
Passifloraceae	*Passiflora edulis F. edulis*	Apidae/Bombini	*Bombus atratus*	PP	Medina *et al.* 2012
Passifloraceae	*Passiflora edulis F. edulis*	Apidae/Bombini	*Bombus atratus*	V	Medina *et al.*, 2012

Familia planta	Especie planta	Familia/ Tribu abeja	Especie de abejas	Tipo de interacción	Fuente
Passifloraceae	*Passiflora edulis F. edulis*	Apidae/Centridini	*Centris (Melacentris) insignis*	V	Vélez 2012
Passifloraceae	*Passiflora edulis F. edulis*	Apidae/Centridini	*Epicharis* sp.	PP	Medina *et al.* 2012
Passifloraceae	*Passiflora edulis F. edulis*	Apidae/Euglossini	*Eulaema cingulata*	PP	Medina *et al.* 2012
Passifloraceae	*Passiflora edulis F. edulis*	Apidae/Meliponini	*Frieseomelitta* sp.	V	Medina *et al.* 2012
Passifloraceae	*Passiflora edulis F. edulis*	Apidae/Meliponini	*Geotrigona* sp.	V	Medina *et al.* 2012
Passifloraceae	*Passiflora edulis F. edulis*	Apidae/Meliponini	*Paratrigona eutaniata*	V	Medina *et al.* 2012
Passifloraceae	*Passiflora edulis F. edulis*	Apidae/Meliponini	*Trigona amalthea*	V	Medina *et al.* 2012
Passifloraceae	*Passiflora edulis F. edulis*	Apidae/Meliponini	*Trigona angustula*	V	Medina *et al.* 2012
Passifloraceae	*Passiflora edulis F. edulis*	Apidae/Meliponini	*Trigona fulviventris*	V	Medina *et al.* 2012
Passifloraceae	*Passiflora edulis F. edulis*	Apidae/Xylocopini	*Xylocopa frontalis*	PP	Medina *et al.* 2012
Passifloraceae	*Passiflora edulis F. edulis*	Apidae/Xylocopini	*Xylocopa lachnea*	PP	Medina *et al.* 2012
Passifloraceae	*Passiflora edulis F. flavicarpa*	Apidae/Xylocopini	*Xylocopa* sp.	PP	Arias *et al.* 2013
Passifloraceae	*Passiflora foetida*	Apidae/Centridini	*Centris (Centris) aenea*	V	Aguiar *et al.* 2003; Aguiar 2003 a y b citados por Vélez 2012
Passifloraceae	*Passiflora foetida*	Apidae/Centridini	*Centris (Centris) flavifrons*	V	Gottsberger *et al.* 1988 citados por Vélez 2012
Passifloraceae	*Passiflora foetida*	Apidae/Centridini	*Centris (Hemisiella) tarsata*	V	Aguiar *et al.* 2003 citado por Vélez 2012
Passifloraceae	*Passiflora foetida*	Apidae/Centridini	*Centris (Hemisiella) trigonoides*	V	Aguiar *et al.* 2003 citado por Vélez 2012
Passifloraceae	*Passiflora foetida*	Apidae/Xylocopini	*Xylocopa fimbriata*	V	Carreño *et al.* 2008
Passifloraceae	*Passiflora foetida*	Apidae/Xylocopini	*Xylocopa frontalis*	V	Carreño *et al.* 2008
Passifloraceae	*Passiflora ligularis*	Apidae/Bombini	*Bombus atratus*	PP	Melo *et al.* 2010
Passifloraceae	*Passiflora ligularis*	Apidae/Bombini	*Bombus hortulanus*	V	Franco *et al.* 2007
Passifloraceae	*Passiflora ligularis*	Apidae/Bombini	*Bombus robustus*	V	Franco *et al.* 2007
Passifloraceae	*Passiflora ligularis*	Apidae/Bombini	*Bombus* sp.	V	Melo-Ortiz 2007

Familia planta	Especie planta	Familia/ Tribu abeja	Especie de abejas	Tipo de interacción	Fuente
Passifloraceae	*Passiflora ligularis*	Apidae/Centridini	*Centris (Trachina) similis*	V	Vélez 2012
Passifloraceae	*Passiflora ligularis*	Apidae/Centridini	*Centris* sp.	V	Melo-Ortiz 2007
Passifloraceae	*Passiflora ligularis*	Apidae/Centridini	*Epicharis cf. rustica*	PP	Melo-Ortiz 2007
Passifloraceae	*Passiflora ligularis*	Apidae/Centridini	*Epicharis* sp.	PP	Melo *et al.* 2010
Passifloraceae	*Passiflora ligularis*	Apidae/Centridini	*Epicharis* sp.	V	Melo-Ortiz 2007
Passifloraceae	*Passiflora ligularis*	Apidae/Eucerini	*Thygater aethiops*	V	Franco *et al.* 2007
Passifloraceae	*Passiflora ligularis*	Apidae/Eucerini	*Thygater* sp.	V	Melo-Ortiz 2007, Melo *et al.* 2010
Passifloraceae	*Passiflora ligularis*	Apidae/Euglossini	*Eulaema bombiformis*	PP	Melo-Ortiz 2007, Melo *et al.* 2010
Passifloraceae	*Passiflora ligularis*	Apidae/Euglossini	*Eulaema cingulata*	PP	Melo-Ortiz 2007
Passifloraceae	*Passiflora ligularis*	Apidae/Euglossini	*Eulaema* sp.	V	Melo-Ortiz 2007, Melo *et al.* 2010
Passifloraceae	*Passiflora ligularis*	Apidae/Exomalopsini	*Anthophorula* sp.	V	Franco *et al.* 2007
Passifloraceae	*Passiflora ligularis*	Apidae/Exomalopsini	*Exomalopsis* sp.	V	Franco *et al.* 2007
Passifloraceae	*Passiflora ligularis*	Apidae/Meliponini	*Paratrigona* sp.	V	Melo-Ortiz 2007
Passifloraceae	*Passiflora ligularis*	Apidae/Meliponini	*Partamona* sp .	V	Franco *et al.* 2007
Passifloraceae	*Passiflora ligularis*	Apidae/Meliponini	*Trigona* sp.	V	Melo-Ortiz 2007
Passifloraceae	*Passiflora ligularis*	Apidae/Xylocopini	*Xylocopa (Schonnherria)* sp.	V	Franco *et al.* 2007
Passifloraceae	*Passiflora ligularis*	Apidae/Xylocopini	*Xylocopa lachnea*	V	Franco *et al.* 2007
Passifloraceae	*Passiflora ligularis*	Apidae/Xylocopini	*Xylocopa lacnhea*	PP	Melo-Ortiz 2007
Passifloraceae	*Passiflora ligularis*	Apidae/Xylocopini	*Xylocopa* sp.	PP	Melo *et al.* 2010
Passifloraceae	*Passiflora maliformis*	Apidae/Bombini	*Bombus pullatus*	V	Lievano y Ospina, 1984
Passifloraceae	*Passiflora maliformis*	Apidae/Centridini	*Centris (Aphemisia) quadri-maculata*	V	Vélez 2012
Passifloraceae	*Passiflora maliformis*	Apidae/Centridini	*Centris (Centris) flavifrons*	VN	Rodríguez-C *et al.* 2013
Passifloraceae	*Passiflora maliformis*	Apidae/Centridini	*Centris (Hemisiella) vittata*	VN	Rodríguez-C *et al.* 2013

Familia planta	Especie planta	Familia/ Tribu abeja	Especie de abejas	Tipo de interacción	Fuente
Passifloraceae	*Passiflora maliformis*	Apidae/Centridini	*Centris (Melacentris) obsoleta*	VN	Rodríguez-C *et al.* 2013
Passifloraceae	*Passiflora maliformis*	Apidae/Centridini	*Centris (Trachina) similis*	V	Vélez 2012
Passifloraceae	*Passiflora maliformis*	Apidae/Centridini	*Centris aff. insignis*	VN	Rodríguez-C *et al.* 2013
Passifloraceae	*Passiflora maliformis*	Apidae/Centridini	*Epicharis (Epicharana)* sp.	VN	Rodríguez-C *et al.* 2013
Passifloraceae	*Passiflora maliformis*	Apidae/Centridini	*Epicharis (Hoplepicharis)* sp.	VN	Rodríguez-C *et al.* 2013
Passifloraceae	*Passiflora maliformis*	Apidae/Eucerini	Especie no identificada	VN	Rodríguez-C *et al.* 2013
Passifloraceae	*Passiflora maliformis*	Apidae/Euglossini	*Euglossa* sp.	VN	Rodríguez-C *et al.* 2013
Passifloraceae	*Passiflora maliformis*	Apidae/Euglossini	*Euglossa variabilis*	VN	Rodríguez-C *et al.* 2013
Passifloraceae	*Passiflora maliformis*	Apidae/Euglossini	*Eulaema cingulata*	VNP	Rodríguez-C *et al.* 2013
Passifloraceae	*Passiflora maliformis*	Apidae/Euglossini	*Eulaema nigrita*	VNP	Rodríguez-C *et al.* 2013
Passifloraceae	*Passiflora maliformis*	Apidae/Euglossini	*Eulaema polychroma*	VNP	Rodríguez-C *et al.* 2013
Passifloraceae	*Passiflora maliformis*	Apidae/Meliponini	*Nannotrigona mellaria*	VNP	Rodríguez-C *et al.* 2013
Passifloraceae	*Passiflora maliformis*	Apidae/Meliponini	*Scaptotrigona* sp.	VNP	Rodríguez-C *et al.* 2013
Passifloraceae	*Passiflora maliformis*	Apidae/Meliponini	*Tetragona* sp.	VNP	Rodríguez-C *et al.* 2013
Passifloraceae	*Passiflora maliformis*	Apidae/Meliponini	*Trigona fulviventris*	VNP	Rodríguez-C *et al.* 2013
Passifloraceae	*Passiflora maliformis*	Apidae/Meliponini	*Trigonisca* sp.	VNP	Rodríguez-C *et al.* 2013
Passifloraceae	*Passiflora maliformis*	Apidae/Xylocopini	*Xylocopa (Neoxylocopa) frontalis*	VPN	Rodríguez-C *et al.* 2013
Passifloraceae	*Passiflora maliformis*	Halictidae/Augochlorini	*Augochlorini* sp.	VN	Rodríguez-C *et al.* 2013
Passifloraceae	*Passiflora quadrangularis*	Apidae/Xylocopini	*Xylocopa frontalis*	VP	Peláez 2004
Passifloraceae	*Passiflora tripartiva var. mollissima*	Apidae/Eucerini	*Thygater aethiops*	V	González y Ospina 2008
Passifloraceae	*Passiflora tripartiva var. mollissima*	Apidae/Eucerini	*Thygater aethiops*	V	González y Ospina 2008
Passifloraceae	*Turnera subulata*	Apidae/Meliponini	*Partamona* sp.	V	Alarcón Jiménez y Mora Parada 2006
Passifloraceae	*Turnera subulata*	Apidae/Meliponini	*Tetragona* sp.	V	Alarcón Jiménez y Mora Parada 2007
Passifloraceae	*Turnera subulata*	Apidae/Meliponini	*Trigona fulviventris*	V	Alarcón Jiménez y Mora Parada 2008

Familia planta	Especie planta	Familia/ Tribu abeja	Especie de abejas	Tipo de interacción	Fuente
Passifloraceae	*Turnera subulata*	Apidae/Meliponini	*Trigona fulviventris*	PP	Alarcón Jiménez y Mora Parada 2009
Pedaliaceae	*Sesamum orientale*	Apidae/Centridini	*Centris (Centris) cf. adani*	V	Vélez 2012
Piperaceae	*Piper aduncum*	Apidae/Meliponini	*Tetragonisca angustula*	V	Giraldo *et al.* 2011
Piperaceae	*Piper* spp.	Apidae/Meliponini	*Nannotrigona testaceicornis*	VP	Jaramillo *et al.* 2012
Piperaceae	*Piper* spp.	Apidae/Meliponini	*Nannotrigona tristella*	VP	Jaramillo *et al.* 2012
Plantaginaceae	Antirrhinum majus	Halictidae/Halictini	Caenohalictus sp.	VNP	Nates Parra *et al.* 2006
Plantaginaceae	*Aragoa abietina*	Apidae/Bombini	*Bombus funebris*	V	Cuervo, 2003
Plantaginaceae	*Aragoa abietina*	Apidae/Bombini	*Bombus rubicundus*	V	Cuervo 2002
Plantaginaceae	*Digitalis purpurea*	Apidae/Bombini	*Bombus atratus*	VN	Nates Parra *et al.* 2006
Plantaginaceae	*Digitalis purpurea*	Apidae/Bombini	*Bombus atratus*	V	Nates-Parra *et al.*, 2006
Plantaginaceae	*Digitalis purpurea*	Apidae/Bombini	*Bombus funebris*	V	Cuervo 2002
Plantaginaceae	*Digitalis purpurea*	Apidae/Bombini	*Bombus hortulanus*	V	Cuervo 2002
Plantaginaceae	*Digitalis purpurea*	Apidae/Bombini	*Bombus hortulanus*	VN	Nates Parra *et al.* 2006
Plantaginaceae	*Digitalis purpurea*	Apidae/Bombini	*Bombus robustus*	VN	Nates Parra *et al.* 2006
Plantaginaceae	*Digitalis purpurea*	Apidae/Bombini	*Bombus rubicundus*	V	Cuervo 2002
Plantaginaceae	*Hebe* sp.	Apidae/Eucerini	*Thygater aethiops*	VN	Nates Parra *et al.* 2006
Plantaginaceae	*Penstemon* sp.	Halictidae/Halictini	*Caenohalictus* sp.	VNP	Nates Parra *et al.* 2006
Plantaginaceae	*Pestemon* sp.	Megachilidae	*Megachile* sp.	VNP	Nates Parra *et al.* 2006
Poaceae	Especie no identificada	Apidae/Meliponini	*Nannotrigona mellaria*	VP	Jaramillo *et al.* 2012
Poaceae	Especie no identificada	Apidae/Meliponini	*Nannotrigona testaceicornis*	VP	Jaramillo *et al.* 2012
Poaceae	*Zea mays*	Apidae/Meliponini	*Tetragonisca angustula*	V	Giraldo *et al.* 2011
Polygalaceae	Especie no identificada	Apidae/Centridini	*Centris (Hemisiella) geminata*	V	Vélez 2012
Polygalaceae	*Securidaca diversifolia*	Apidae/Centridini	*Centris (Hemisiella) vittata*	V	Fischer y Gordo 1993 citado por Vélez 2012

Familia planta	Especie planta	Familia/ Tribu abeja	Especie de abejas	Tipo de interacción	Fuente
Polygalaceae	*Securidaca diversifolia*	Apidae/Centridini	*Centris (Heterocentris) analis*	V	Heithaus 1979 citado por Vélez 2012
Polygalaceae	*Securidaca diversifolia*	Apidae/Centridini	*Centris (Heterocentris) bicornuta*	V	Heithaus 1979 citado por Vélez 2012
Polygonaceae	*Antigonon leptopus*	Apidae/Centridini	*Centris (Hemisiella) geminata*	V	Vélez 2012
Polygonaceae	*Antigonon leptopus*	Apidae/Centridini	*Centris (Heterocentris) analis*	V	Vélez 2012
Polygonaceae	*Polygonum* sp.	Apidae/Meliponini	*Nannotrigona testaceicornis*	VPN	Jaramillo *et al.* 2012
Portulacaceae	*Portulaca oleracea*	Apidae/Centridini	*Centris (Centris) aenea*	V	Aguiar *et al.* 2003 citado por Vélez 2012
Portulacaceae	*Portulaca oleracea*	Apidae/Centridini	*Centris (Hemisiella) tarsata*	V	Aguiar *et al.* 2003 citado por Vélez 2012
Primulaceae	*Myrsine andina*	Apidae/Meliponini	*Tetragona perangulata*	V	Giraldo *et al.* 2011
Primulaceae	*Myrsine andina*	Apidae/Meliponini	*Tetragonisca angustula*	V	Giraldo *et al.* 2011
Primulaceae	*Myrsine* sp.	Apidae/Meliponini	*Nannotrigona mellaria*	VPN	Jaramillo *et al.* 2012
Primulaceae	*Myrsine* sp.	Apidae/Meliponini	*Nannotrigona testaceicornis*	VPN	Jaramillo *et al.* 2012
Rhamnaceae	Especie no identificada	Apidae/Meliponini	*Nannotrigona* sp.	VPN	Jaramillo *et al.* 2012
Rhamnaceae	Especie no identificada	Apidae/Meliponini	*Nannotrigona tristella*	VN	Jaramillo *et al.* 2012
Rhamnaceae	*Gouania polygama*	Apidae/Meliponini	*Melipona favosa*	V	Giraldo *et al.* 2011
Rhamnaceae	*Gouania polygama*	Apidae/Meliponini	*Tetragonisca angustula*	V	Giraldo *et al.* 2011
Rhamnaceae	*Gouania* sp.	Apidae/Meliponini	*Nannotrigona* sp.	VN	Jaramillo *et al.* 2012
Rhamnaceae	*Gouania* sp.	Apidae/Meliponini	*Nannotrigona testaceicornis*	VPN	Jaramillo *et al.* 2012
Rhamnaceae	*Gouania* sp.	Apidae/Meliponini	*Nannotrigona tristella*	VN	Jaramillo *et al.* 2012
Rhizophoraceae	*Rhizophora mangle*	Apidae/Centridini	*Centris (Centris) decolorata*	V	Sánchez 2009 citado por Vélez 2012
Rhizophoraceae	*Rhizophora mangle*	Apidae/Eucerini	Especie no identificada	V	Sánchez 2009
Rhizophoraceae	*Rhizophora mangle*	Apidae/Xylocopini	*Xylocopa* sp.	V	Sánchez 2009
Rosaceae	Especie no identificada	Apidae/Meliponini	*Nannotrigona testaceicornis*	VP	Jaramillo *et al.* 2012
Rosaceae	*Fragaria × ananassa var. camarosa*	Apidae/Bombini	*Bombus atratus*	PP	Pérez 2013
Rosaceae	*Fragaria × ananassa var. ventana*	Apidae/Bombini	*Bombus atratus*	PP	Poveda *et al.* 2012

Familia planta	Especie planta	Familia/ Tribu abeja	Especie de abejas	Tipo de interacción	Fuente
Rosaceae	*Pyracantha coccinea*	Apidae/Eucerini	*Thygater aethiops*	VP	Pinilla *et al.* 2013
Rosaceae	*Rubus glaucus*	Apidae/Bombini	*Bombus atratus*	PP	Zuluaga *et al.* 2009
Rosaceae	*Rubus* sp.	Apidae/Bombini	*Bombus atratus*	V	Nates-Parra *et al.*, 2006
Rosaceae	*Rubus sp.*	Apidae/Bombini	*Bombus excellens*	V	Lievano y Ospina 1984
Rosaceae	*Rubus sp.*	Apidae/Bombini	*Bombus hortulanus*	V	Lievano y Ospina 1984; Cuervo 2002, Nates-Parra *et al.* 2006
Rosaceae	*Rubus sp.*	Apidae/Bombini	*Bombus melaleucus*	V	Lievano y Ospina 1984
Rosaceae	*Rubus sp.*	Apidae/Bombini	*Bombus pullatus*	V	Lievano y Ospina 1984
Rosaceae	*Rubus* sp.	Apidae/Bombini	*Bombus robustus*	V	Nates-Parra *et al.*, 2006
Rosaceae	*Rubus* sp.	Apidae/Eucerini	*Thygater aethiops*	V	González y Ospina, 2008
Rosaceae	*Rubus* spp.	Apidae/Bombini	*Bombus atratus*	VNP	Nates Parra *et al.* 2006
Rosaceae	*Rubus* spp.	Apidae/Bombini	*Bombus hortulanus*	VNP	Nates Parra *et al.* 2006
Rosaceae	*Rubus* spp.	Apidae/Bombini	*Bombus robustus*	VNP	Nates Parra *et al.* 2006
Rubiaceae	*Arcytophyllum nitidum*	Apidae/Bombini	*Bombus excellens*	V	Cuervo, 2002
Rubiaceae	*Arcytophyllum nitidum*	Apidae/Bombini	*Bombus funebris*	V	Cuervo, 2002
Rubiaceae	*Coffea arabica*	Apidae/Centridini	*Epicharis* sp.	AA	Jaramillo, 2012
Rubiaceae	*Coffea arabica*	Apidae/Eucerini	*Thygater aethiops*	V	González y Ospina, 2008
Rubiaceae	*Coffea arabica*	Apidae/Euglossini	*Euglossa aff. imperialis*	AA	Jaramillo, 2012
Rubiaceae	*Coffea arabica*	Apidae/Euglossini	*Euglossa allosticta*	AA	Jaramillo, 2012
Rubiaceae	*Coffea arabica*	Apidae/Euglossini	*Euglossa azureoviridis*	AA	Jaramillo, 2012
Rubiaceae	*Coffea arabica*	Apidae/Euglossini	*Euglossa deceptrix*	AA	Jaramillo, 2012
Rubiaceae	*Coffea arabica*	Apidae/Euglossini	*Euglossa despecta*	AA	Jaramillo, 2012
Rubiaceae	*Coffea arabica*	Apidae/Euglossini	*Euglossa heterosticta*	AA	Jaramillo, 2012
Rubiaceae	*Coffea arabica*	Apidae/Euglossini	*Euglossa imperialis*	AA	Jaramillo, 2012

Familia planta	Especie planta	Familia/ Tribu abeja	Especie de abejas	Tipo de interacción	Fuente
Rubiaceae	*Coffea arabica*	Apidae/Euglossini	*Euglossa* spp.	AA	Jaramillo, 2012
Rubiaceae	*Coffea arabica*	Apidae/Euglossini	*Euglossa tridentata*	AA	Jaramillo, 2012
Rubiaceae	*Coffea arabica*	Apidae/Euglossini	*Euglossa variabilis*	AA	Jaramillo, 2012
Rubiaceae	*Coffea arabica*	Apidae/Euglossini	*Eulaema cingulata*	AA	Jaramillo, 2012
Rubiaceae	*Coffea arabica*	Apidae/Euglossini	*Eulaema nigrita*	AA	Jaramillo, 2012
Rubiaceae	*Coffea arabica*	Apidae/Euglossini	*Exaerete smaragdina*	AA	Jaramillo, 2012
Rubiaceae	*Coffea arabica*	Apidae/Exomalopsini	*Exomalopsis (Phanomalopsis)* sp.	AA	Jaramillo, 2012
Rubiaceae	*Coffea arabica*	Apidae/Meliponini	*Frieseomelitta* sp.	AA	Jaramillo, 2012
Rubiaceae	*Coffea arabica*	Apidae/Meliponini	*Geotrigona* sp.	AA	Jaramillo, 2012
Rubiaceae	*Coffea arabica*	Apidae/Meliponini	*Melipona aff. compressipes*	AA	Jaramillo, 2012
Rubiaceae	*Coffea arabica*	Apidae/Meliponini	*Nannotrigona mellaria*	AA	Jaramillo, 2012
Rubiaceae	*Coffea arabica*	Apidae/Meliponini	*Nannotrigona mellaria*	VN	Jaramillo *et al.* 2012
Rubiaceae	*Coffea arabica*	Apidae/Meliponini	*Nannotrigona testaceicornis*	AA	Jaramillo, 2012
Rubiaceae	*Coffea arabica*	Apidae/Meliponini	*Nannotrigona testaceicornis*	VP	Jaramillo *et al.* 2012
Rubiaceae	*Coffea arabica*	Apidae/Meliponini	*Nannotrigona tristella*	VN	Jaramillo *et al.* 2012
Rubiaceae	*Coffea arabica*	Apidae/Meliponini	*Partamona (Partamona) cupira*	AA	Jaramillo, 2012
Rubiaceae	*Coffea arabica*	Apidae/Meliponini	*Partamona (Partamona)* sp.	AA	Jaramillo, 2012
Rubiaceae	*Coffea arabica*	Apidae/Meliponini	*Partamona testacea*	AA	Jaramillo, 2012
Rubiaceae	*Coffea arabica*	Apidae/Meliponini	*Tetragona* sp.	AA	Jaramillo, 2012
Rubiaceae	*Coffea arabica*	Apidae/Meliponini	*Tetragonisca angustula*	AA	Jaramillo, 2012
Rubiaceae	*Coffea arabica*	Apidae/Meliponini	*Trigona corvina*	AA	Jaramillo, 2012
Rubiaceae	*Coffea arabica*	Apidae/Meliponini	*Trigona fulviventris*	AA	Jaramillo, 2012
Rubiaceae	*Coffea arabica*	Apidae/Tapinotaspidini	*Paratetrapedia* sp.	AA	Jaramillo, 2012
Rubiaceae	*Coffea arabica*	Apidae/Xylocopini	*Ceratina (Cremella)* sp.	AA	Jaramillo, 2012

Familia planta	Especie planta	Familia/ Tribu abeja	Especie de abejas	Tipo de interacción	Fuente
Rubiaceae	*Coffea arabica*	Apidae/Xylocopini	*Xylocopa (Neoxylocopa)* sp.	AA	Jaramillo, 2012
Rubiaceae	*Coffea arabica*	Halictidae/Augochlorini	*Auglochlora* spp.	AA	Jaramillo 2012
Rubiaceae	*Coffea arabica*	Halictidae/Augochlorini	*Augochlorella* spp.	AA	Jaramillo, 2012
Rubiaceae	*Coffea arabica*	Halictidae/Augochlorini	*Augochloropsis vesta*	AA	Jaramillo, 2012
Rubiaceae	*Coffea arabica*	Halictidae/Augochlorini	*Neocorynura aff. nuda*	AA	Jaramillo, 2012
Rubiaceae	*Coffea arabica*	Halictidae/Augochlorini	*Neocorynura aff. pubescens*	AA	Jaramillo, 2012
Rubiaceae	*Coffea arabica*	Halictidae/Augochlorini	*Neocorynura* sp.	AA	Jaramillo, 2012
Rubiaceae	*Coffea arabica*	Halictidae/Halictini	*Habralictus* spp.	AA	Jaramillo, 2012
Rubiaceae	*Coffea arabica*	Halictidae/Halictini	*Lassioglosum (Dialictus)* spp.	AA	Jaramillo, 2012
Rubiaceae	*Coffea arabica*	Megachilidae	*Megachile (Tylomegachile)* sp.	AA	Jaramillo, 2012
Rubiaceae	Especie no identificada	Apidae/Xylocopini	*Xylocopa fimbriata*	V	Núñez *et al*. 2008
Rubiaceae	*Genipa* sp.	Apidae/Xylocopini	*Xylocopa frontalis*	VP	Peláez, 2004
Rubiaceae	*Palicourea* sp.	Apidae/Eucerini	*Thygater aethiops*	V	González y Ospina, 2008
Rubiaceae	*Palicourea thyrsiflora*	Apidae/Bombini	*Bombus excellens*	V	Lievano y Ospina, 1984
Rubiaceae	*Psychotria pongoana*	Halictidae/Augochlorini	*Chlerogella hypermeces*	V	Engel, 2010
Rubiaceae	*Spermacoce* sp.	Apidae/Meliponini	*Nannotrigona mellaria*	VP	Jaramillo *et al*. 2012
Rubiaceae	*Spermacoce* sp.	Apidae/Meliponini	*Nannotrigona* sp.	VP	Jaramillo *et al*. 2012
Rubiaceae	*Spermacoce* sp.	Apidae/Meliponini	*Nannotrigona testaceicornis*	VN	Jaramillo *et al*. 2012
Rubiaceae	*Spermacoce verticillata*	Apidae/Centridini	*Centris (Hemisiella) trigonoides*	V	Gaglianone, 2003 citado por Vélez, 2012
Rutaceae	*Citrus × limon*	Apidae/Xylocopini	*Xylocopa frontalis*	VP	Peláez, 2004
Rutaceae	*Citrus sp.*	Apidae/Meliponini	*Nannotrigona mellaria*	VN	Jaramillo *et al*. 2012
Rutaceae	*Citrus x aurantium*	Apidae/Centridini	*Centris (Aphemisia) quadri-maculata*	V	Vélez, 2012
Rutaceae	*Citrus x aurantium*	Apidae/Eucerini	*Thygater aethiops*	V	González y Ospina, 2008

Familia planta	Especie planta	Familia/ Tribu abeja	Especie de abejas	Tipo de interacción	Fuente
Rutaceae	*Citrus x aurantium*	Apidae/Xylocopini	*Xylocopa frontalis*	VP	Peláez, 2004
Salicaceae	*Abatia parviflora*	Apidae/Eucerini	*Thygater aethiops*	VP	Pinilla *et al.* 2013
Salicaceae	*Salix humboldtiana*	Apidae/Meliponini	*Nannotrigona mellaria*	VP	Jaramillo *et al.* 2012
Salicaceae	*Salix humboldtiana*	Apidae/Meliponini	*Nannotrigona testaceicornis*	VPN	Jaramillo *et al.* 2012
Sapindaceae	*Cardiospermum corindum*	Apidae/Centridini	*Centris (Hemisiella) trigonoides*	V	Aguiar *et al.* 2003 citado por Vélez, 2012
Sapindaceae	*Cupania americana*	Apidae/Meliponini	*Tetragonisca angustula*	V	Giraldo *et al.* 2011
Sapindaceae	Especie no identificada	Apidae/Meliponini	*Nannotrigona tristella*	VN	Jaramillo *et al.* 2012
Sapindaceae	*Paullinia cururu*	Apidae/Meliponini	*Melipona favosa*	V	Giraldo *et al.* 2011
Sapindaceae	*Serjania* sp.	Apidae/Meliponini	*Nannotrigona testaceicornis*	VPN	Jaramillo *et al.* 2012
Solanaceae	*Capsicum annuum*	Apidae/Bombini	Bombus atratus	PP	Picateque, 2014
Solanaceae	*Capsicum annuum*	Apidae/Meliponini	*Melipona eburnea*	V	Giraldo *et al.* 2011
Solanaceae	Especie no identificada	Apidae/Centridini	*Centris (Centris) cf. spilopoda*	V	Vélez, 2012
Solanaceae	Especie no identificada	Apidae/Xylocopini	*Xylocopa fimbriata*	V	Núñez *et al.* 2008
Solanaceae	*Lycianthes lycioides*	Apidae/Bombini	*Bombus atratus*	V	Lievano y Ospina, 1984
Solanaceae	*Lycianthes lycioides*	Apidae/Eucerini	*Thygater aethiops*	V	González y Ospina, 2008
Solanaceae	*Lycianthes lycioides*	Apidae/Eucerini	*Thygater aethiops*	VP	Nates Parra *et al.* 2006
Solanaceae	*Lycopersicon esculentum*	Apidae/Bombini	*Bombus atratus*	PP	Almanza *et al.* 2003, Aldana *et al* 2007, Ardila *et al.* 2009
Solanaceae	*Lycopersicon esculentum*	Apidae/Meliponini	*Nannotrigona* sp.	PP	Vargas *et al.* 2013
Solanaceae	*Lycopersicon esculentum*	Apidae/Xylocopini	*Xylocopa frontalis*	VP	Peláez, 2004
Solanaceae	*Nicotiana tabacum*	Apidae/Xylocopini	*Xylocopa frontalis*	VP	Peláez, 2004
Solanaceae	*Physalis peruviana*	Apidae/Bombini	*Bombus atratus*	PP	Almanza *et al.* 2009
Solanaceae	*Solanum aturense*	Apidae/Meliponini	*Melipona eburnea*	V	Giraldo *et al.* 2011
Solanaceae	*Solanum aturense*	Apidae/Meliponini	*Melipona grandis*	V	Giraldo *et al.* 2011

Familia planta	Especie planta	Familia/ Tribu abeja	Especie de abejas	Tipo de interacción	Fuente
Solanaceae	*Solanum betaceum*	Apidae/Eucerini	*Thygater aethiops*	V	González y Ospina, 2008
Solanaceae	*Solanum jasminoides*	Apidae/Eucerini	*Thygater aethiops*	V	Nieto V. *et al.* 2012
Solanaceae	*Solanum jasminoides*	Apidae/Eucerini	*Thygater aethiops*	VP	Pinilla *et al.* 2013, Nates-Parra *et al.* 2006
Solanaceae	*Solanum lycocarpum*	Apidae/Centridini	*Centris (Centris) aenea*	V	Aguiar y Gaglianone, 2003 citado por Vélez, 2012
Solanaceae	*Solanum marginatum*	Apidae/Xylocopini	*Xylocopa frontalis*	V por polen	Peláez, 2004
Solanaceae	*Solanum micranthum*	Apidae/Centridini	*Centris (Centris) flavifrons*	V	Aguiar *et al.* 2003 citado por Vélez, 2012
Solanaceae	*Solanum oblongifolium*	Apidae/Bombini	*Bombus melaleucus*	V	Lievano y Ospina,1984
Solanaceae	*Solanum ovalifolium*	Apidae/Xylocopini	*Xylocopa frontalis*	VP	Peláez, 2004
Solanaceae	*Solanum phureja*	Apidae/Bombini	*Bombus atratus*	V	Lievano y Ospina, 1984
Solanaceae	*Solanum pseudocapsicum*	Apidae/Eucerini	*Thygater aethiops*	VP	Nates Parra *et al.* 2006
Solanaceae	*Solanum quitoense*	Apidae/Bombini	*Bombus atratus*	PP	Almanza *et al.* 2006, Chavarro, 2007, Almanza *et al.* 2009
Solanaceae	*Solanum quitoense*	Apidae/Bombini	*Bombus melaleucus*	V	Lievano y Ospina, 1984
Solanaceae	*Solanum quitoense*	Apidae/Meliponini	*Melipona eburnea*	V	Giraldo *et al.* 2011
Solanaceae	*Solanum* sp.	Apidae/Bombini	*Bombus atratus*	V	Gómez, 2012
Solanaceae	*Solanum* sp.	Apidae/Bombini	*Bombus excellens*	V	Lievano y Ospina, 1984
Solanaceae	*Solanum* sp.	Apidae/Bombini	*Bombus melaleucus*	V	Lievano y Ospina, 1984
Solanaceae	*Solanum* sp.	Apidae/Bombini	*Bombus pullatus*	V	Lievano y Ospina, 1984
Solanaceae	*Solanum* sp.	Apidae/Bombini	*Bombus transversalis*	V	Lievano y Ospina, 1984
Solanaceae	*Solanum* sp.	Apidae/Centridini	*Centris (Centris) flavifrons*	V	Vélez, 2012
Solanaceae	*Solanum* sp.	Apidae/Eucerini	*Thygater aethiops*	V	González y Ospina, 2008
Solanaceae	*Solanum sp.*	Apidae/Meliponini	*Nannotrigona testaceicornis*	VN	Jaramillo *et al.* 2012

Familia planta	Especie planta	Familia/ Tribu abeja	Especie de abejas	Tipo de interacción	Fuente
Solanaceae	*Solanum subinerme*	Apidae/Centridini	*Centris (Centris) flavifrons*	V	Rebelo 1995 citado por Vélez 2012
Solanaceae	*Solanum tuberosum*	Andrenidae/ Protandrenini	*Protandrena guarnensis*	PP	Sepúlveda 2013
Solanaceae	*Solanum tuberosum*	Andrenidae/ Protandrenini	*Protandrena rangeli*	AA	Barrientos *et al.* 2012
Solanaceae	*Solanum tuberosum*	Apidae/Bombini	*Bombus atratus*	PP	Barrientos *et al.* 2012
Solanaceae	*Solanum tuberosum*	Apidae/Bombini	*Bombus atratus*	V	Restrepo *et al.* 2012
Solanaceae	*Solanum tuberosum*	Apidae/Bombini	*Bombus atratus*	PP	Sepúlveda 2013
Solanaceae	*Solanum tuberosum*	Apidae/Bombini	*Bombus excellens*	PP	Sepúlveda 2013
Solanaceae	*Solanum tuberosum*	Apidae/Bombini	*Bombus excellens*	V	Sepúlveda 2013
Solanaceae	*Solanum tuberosum*	Apidae/Bombini	*Bombus funebris*	PP	Barrientos *et al.* 2012
Solanaceae	*Solanum tuberosum*	Apidae/Bombini	*Bombus hortulanus*	PP	Barrientos *et al.* 2012, Sepúlveda 2013
Solanaceae	*Solanum tuberosum*	Apidae/Bombini	*Bombus hortulanus*	V	Sepúlveda 2013
Solanaceae	*Solanum tuberosum*	Apidae/Bombini	*Bombus rubicundus*	PP	Barrientos *et al.* 2012
Solanaceae	*Solanum tuberosum*	Apidae/Bombini	*Bombus rubicundus*	V	Restrepo *et al.* 2012
Solanaceae	*Solanum tuberosum*	Apidae/Centridini	*Centris (Ptilocentris) festiva*	PP	Barrientos *et al.* 2012
Solanaceae	*Solanum tuberosum*	Apidae/Eucerini	*Thygater aethiops*	PP	Barrientos *et al.* 2012
Solanaceae	*Solanum tuberosum*	Apidae/Eucerini	*Thygater aethiops*	V	González y Ospina, 2008
Solanaceae	*Solanum tuberosum*	Apidae/Eucerini	*Thygater aethiops*	AA	Sepúlveda 2013
Solanaceae	*Solanum tuberosum*	Apidae/Eucerini	*Thygater hirtiventris*	PP	Sepúlveda 2013
Solanaceae	*Solanum tuberosum*	Apidae/Euglossini	*Euglossa crassipunctata*	AA	Sepúlveda 2013
Solanaceae	*Solanum tuberosum*	Apidae/Euglossini	*Euglossa variabilis*	PP	Sepúlveda 2013
Solanaceae	*Solanum tuberosum*	Apidae/Euglossini	*Eulaema cingulata*	AA	Barrientos *et al.* 2012
Solanaceae	*Solanum tuberosum*	Apidae/Euglossini	*Eulaema cingulata*	PP	Sepúlveda 2013
Solanaceae	*Solanum tuberosum*	Apidae/Exomalopsini	*Exomalopsis* sp.	PP	Sepúlveda 2013

Familia planta	Especie planta	Familia/ Tribu abeja	Especie de abejas	Tipo de interacción	Fuente
Solanaceae	*Solanum tuberosum*	Apidae/Meliponini	*Melipona compressipes*	PP	Sepúlveda 2013
Solanaceae	*Solanum tuberosum*	Apidae/Meliponini	*Parapartamona zonata*	PP	Sepúlveda 2013
Solanaceae	*Solanum tuberosum*	Apidae/Meliponini	*Paratrigona pacifica*	V	Sepúlveda 2013
Solanaceae	*Solanum tuberosum*	Apidae/Meliponini	*Partamona cupira*	V	Sepúlveda 2013
Solanaceae	*Solanum tuberosum*	Apidae/Meliponini	*Partamona zonata*	AA	Barrientos *et al.* 2012
Solanaceae	*Solanum tuberosum*	Apidae/Meliponini	*Partamona zonata*	PP	Sepúlveda 2013
Solanaceae	*Solanum tuberosum*	Apidae/Meliponini	*Trigona amalthea*	V	Sepúlveda 2013
Solanaceae	*Solanum tuberosum*	Apidae/Xylocopini	*Ceratina* spp.	V	Sepúlveda 2013
Solanaceae	*Solanum tuberosum*	Apidae/Xylocopini	*Xylocopa lachnea*	AA	Sepúlveda, 2014
Solanaceae	*Solanum tuberosum*	Colletidae/Colletini	*Colletes* spp.	AA	Sepúlveda 2013
Solanaceae	*Solanum tuberosum*	Colletidae/Diphaglossini	*Cadegualina andina*	AA	Barrientos *et al.* 2012
Solanaceae	*Solanum tuberosum*	Colletidae/Diphaglossini	*Ptiloglossa* sp.	AA	Sepúlveda 2013
Solanaceae	*Solanum tuberosum*	Colletidae/Hylaeini	*Hylaeus* sp.	PP	Sepúlveda 2013
Solanaceae	*Solanum tuberosum*	Colletidae/Paracolletini	*Lonchopria* sp.	AA	Sepúlveda 2013
Solanaceae	*Solanum tuberosum*	Halictidae/Augochlorini	*Agapostemon leunculus*	PP	Sepúlveda 2013
Solanaceae	*Solanum tuberosum*	Halictidae/Augochlorini	*Augochlora* spp.	PP	Sepúlveda 2013
Solanaceae	*Solanum tuberosum*	Halictidae/Augochlorini	*Augochloropsis* spp.	PP	Sepúlveda 2013
Solanaceae	*Solanum tuberosum*	Halictidae/Augochlorini	*Augochloropsis vesta*	PP	Sepúlveda 2013
Solanaceae	*Solanum tuberosum*	Halictidae/Augochlorini	*Caenaugochlora* spp.	PP	Sepúlveda 2013
Solanaceae	*Solanum tuberosum*	Halictidae/Augochlorini	*Caenaugochlora villosa*	V	Sepúlveda 2013
Solanaceae	*Solanum tuberosum*	Halictidae/Augochlorini	*Neocorynura iguaquensis*	V	Barrientos *et al.* 2012
Solanaceae	*Solanum tuberosum*	Halictidae/Augochlorini	*Neocorynura muiscae*	V	Barrientos *et al.* 2012
Solanaceae	*Solanum tuberosum*	Halictidae/Augochlorini	*Neocorynura* spp.	AA	Sepúlveda 2013
Solanaceae	*Solanum tuberosum*	Halictidae/Augochlorini	*Pseudoaugochlora* sp.	PP	Sepúlveda 2013

Familia planta	Especie planta	Familia/ Tribu abeja	Especie de abejas	Tipo de interacción	Fuente
Solanaceae	*Solanum tuberosum*	Halictidae/Halictini	*Caenohalictus* spp.	AA	Sepúlveda 2013
Solanaceae	*Solanum tuberosum*	Halictidae/Halictini	*Habralictus* spp.	PP	Sepúlveda 2013
Solanaceae	*Solanum tuberosum*	Halictidae/Halictini	Lasioglossum sp.	AA	Barrientos *et al.* 2012
Solanaceae	*Solanum tuberosum*	Halictidae/Halictini	*Lasioglossum* spp.	PP	Sepúlveda 2013
Solanaceae	*Solanum tuberosum*	Halictidae/Halictini	*Sphecodes* sp.	AA	Barrientos *et al.* 2012
Solanaceae	*Solanum tuberosum*	Halictidae/Halictini	*Sphecodes* sp.	PP	Sepúlveda 2013
Solanaceae	*Solanum tuberosum*	Megachilidae	*Megachile amparo*	AA	Barrientos *et al.* 2012
Solanaceae	*Solanum tuberosum*	Megachilidae	*Megachile* sp.	PP	Sepúlveda 2013
Sterculiaceae	Especie no identificada	Apidae/Meliponini	*Nannotrigona* sp.	VN	Jaramillo *et al.* 2012
Talinaceae	*Talinum paniculatum*	Apidae/Centridini	*Centris (Centris) aenea*	V	Aguiar *et al.* 2003 citado por Vélez, 2012
Tropaeolaceae	*Tropaeolum majus*	Apidae/Eucerini	*Thygater aethiops*	V	González y Ospina, 2008
Urticaceae	*Cecropia peltata*	Apidae/Meliponini	*Tetragonisca angustula*	V	Giraldo *et al.* 2011
Urticaceae	*Cecropia* sp.	Apidae/Meliponini	*Nannotrigona testaceicornis*	VN	Jaramillo *et al.* 2012
Urticaceae	*Cecropia* sp.	Apidae/Meliponini	*Nannotrigona tristella*	VN	Jaramillo *et al.* 2012
Urticaceae	Especie no identificada	Apidae/Meliponini	*Nannotrigona tristella*	VN	Jaramillo *et al.* 2012
Verbenaceae	*Citharexylum* sp.	Apidae/Meliponini	*Partamona* sp.	V	Gómez, 2012
Verbenaceae	*Citharexylum subflavescens*	Apidae/Meliponini	*Melipona eburnea*	V	Giraldo *et al.* 2011
Verbenaceae	Especie no identificada	Apidae/Centridini	*Centris (Hemisiella) geminata*	V	Vélez 2012
Verbenaceae	*Lantana camara*	Apidae/Eucerini	*Thygater aethiops*	VN	Nates Parra *et al.* 2006
Verbenaceae	*Lantana* sp.	Apidae/Meliponini	*Nannotrigona testaceicornis*	VP	Jaramillo *et al.* 2012
Verbenaceae	*Stachytarpheta jamaicensis*	Apidae/Centridini	*Centris (Heterocentris) analis*	V	Heithaus 1979 citado por Vélez 2012
Verbenaceae	*Stachytarpheta* sp.	Apidae/Centridini	*Centris (Hemisiella) tarsata*	V	Silveira *et al.* 1993 citado por Vélez 2012
Verbenaceae	*Verbena litoralis*	Apidae/Bombini	*Bombus pullatus*	V	Lievano y Ospina 1984

Familia planta	Especie planta	Familia/ Tribu abeja	Especie de abejas	Tipo de interacción	Fuente
Violaceae	*Viola tricolor*	Apidae/Eucerini	*Thygater aethiops*	VN	Nates Parra *et al.* 2006
Vochysiaceae	*Vochysia guatemalensis*	Apidae/Centridini	*Centris (Centris) flavifrons*	V	Thiele 2002 citado por Vélez 2012
Vochysiaceae	*Vochysia guatemalensis*	Apidae/Centridini	*Centris (Hemisiella) vittata*	V	Heithaus 1979b, Thiele 2002 citados por Vélez 2012
Vochysiaceae	*Vochysia guatemalensis*	Apidae/Centridini	*Centris (Trachina) longimana*	V	Thiele 2002 citado por Vélez 2012



Macho de *Thygater aethiops* en pétalo de *Agapanthus praecox*
LV. Calderón

ANEXO II
LISTA TEMÁTICA DE REFERENCIAS SOBRE ABEJAS SILVESTRES EN COLOMBIA

TEMA	REFERENCIA
Conservación	AMAT-GG, ANDRADE-C MG, AMAT-G E. eds. Libro Rojo de los Invertebrados Terrestres de Colombia. Bogotá: Instituto de Ciencias Naturales- Universidad Nacional de Colombia, Conservación Internacional Colombia, Instituto Alexander von Humboldt, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.2007.
Conservación	FREITAS BM, IMPERATRIZ-FONSECA VL, MEDINA LM, KLEINERT AMP, GALETTO L, NATES-PARRA G, *et al.* Diversity, threats and conservation of native bees in the Neotropics. Apidologie 2009;40:332-346. Doi: 10.1051/apido/2009012
Conservación	HENAO M, RAMÍREZ DC. Uso, impacto y acción de pesticidas en cultivos de Pasifloras en Colombia: Efectos sobre abejas polinizadoras. 2013. Datos sin publicar.
Conservación	NATES-PARRA G, GONZÁLEZ VH. Las abejas silvestres de Colombia: por qué y cómo conservarlas. Acta Biológica Colombiana. 2000; 5(2): 5–37.
Conservación	NATES-PARRA G, PARRA-H A. Uso de abejas silvestres en la definición de áreas prioritarias de Conservación en el territorio CAR. 2006. Tacayá 14: 4-7.
Conservación	NATES-PARRA G. Abejas sin aguijón e Iniciativa de Polinizadores. V Coloquio de Insectos Sociales IUSSI. Cali, Colombia. 2005
Conservación	NATES-PARRA G. El papel de las abejas silvestres en la conservación de la biodiversidad Vegetal. Memorias I Congreso Colombiano de Botánica. 1999.
Conservación	OSPINA R. Disminución de las poblaciones de abejas en Colombia. Memorias VI Encuentro Colombiano Sobre Abejas Silvestres. 2012.
Conservación	RIAÑO D, CURE JR, AGUILAR ML. Lethal effect of imidacloprid and thiocyclam hidrogenoxalate comercial formulations in *Bombus atratus* (Hymenoptera: Apidae) workers. X Encontro de Abelhas. Ribeirao Preto. Sao Paulo, Brasil. 2012.
Conservación	RIAÑO D, CURE JR, AGULAR ML. Efecto letal agudo de los ingredientes activos Imidacloprid, Spinosad y Thiocyclam hidrogenoxalato en *Bombus atratus* (Hymenoptera: Apidae). Memorias VI Encuentro Colombiano Sobre Abejas Silvestres. 2012.
Conservación	RIAÑO D. Efecto letal agudo de los ingredientes activos Imidacloprid, Spinosad y Thiocyclam hidrogenoxalato en sus formulaciones comerciales en obreras de *Bombus atratus* (Hymenoptera: Apidae). Tesis de Maestría. Universidad Militar Nueva Granada. 2012.
Conservación	ROSSO JM. Diagnóstico para el aprovechamiento y manejo de abejas silvestres en agroecosistemas andinos en el Valle del Cauca. [Trabajo de Grado]. . Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 2003.
Conservación	VÉLEZ R, Recuento sobre las publicaciones de las abejas silvestres de Colombia. Boletín del museo entomológico Francisco Luis Gallego. 2011; 3(3):13-22.
Conservación	VILLALBA C, JARAMILLO J, NATES- PARRA G. Sistematización de la colección de abejas del Laboratorio de Investigación en abejas de la Universidad Nacional de Colombia (LABUN). Memorias VI Encuentro Colombiano Sobre Abejas Silvestres. 2012.
Cría y manejo	AGUILAR M, CURE J R, ALMANZA M T, BERNAL S. Iniciación de reinas de *Bombus rubicundus* (Hymenoptera: Apidae) en condiciones de cautiverio. Resumen XXXI Congreso de la Sociedad Colombiana de entomología. 2004.
Cría y manejo	AGUILAR ML, CURE, J. R., ALMANZA, M. T. Contribution of the nesting biology of *Bombus rubicundus* Smith (Hymenoptera: Apidae), a neotropical bumblebee species from the Andes. Anais do VII Encontro sobre Abelhas, 2006; p.732 – 732.

TEMA	REFERENCIA
Cría y manejo	AGUILAR ML. Biología de nidificación de *Bombus rubicundus* Smith (Hymenoptera: Apidae) en condiciones de cautiverio. [Trabajo de Grado]. Universidad Militar Nueva Granada. Facultad de ciencia básicas. 2004.
Cría y manejo	ALMANZA MT. Biología de nidación y cría de abejorros del género *Bombus* (Hymenoptera: Apidae). En: Nates-Parra G, editora. Memorias I Encuentro Colombiano sobre Abejas Silvestres. Bogotá; Laboratorio de Investigaciones en Abejas, Universidad Nacional de Colombia; 2002.
Cría y manejo	ÁLVAREZ C. Iniciación de colonias de abejorros de la especie *Bombus hortulanus* (Friese) (Hymenoptera: Apidae) en cautiverio (resumen trabajo de grado). Revista Facultad de Ciencias, Universidad Militar Nueva Granada. 2005. 1 (1): 46.
Cría y manejo	BAQUERO P. 2003. Establecimiento de un meliponario en la vereda de San José, Acacías, Meta. [Trabajo de Grado]. Facultad de Zootecnia y Veterinaria, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá
Cría y manejo	BERNAL S, AGUILAR ML, ALMANZA MT, CURE JR. 2005. Iniciación y adaptación de reinas de *Bombus rubicundus* Smith (Hymenoptera: Apidae) en condiciones de cautiverio (trabajo de iniciación científica). Revista Facultad de Ciencias, Universidad Militar Nueva Granada 1 (1): 52-55.
Cría y manejo	BERNAL S, ALMANZA MT, CURE JR. 2005a. Iniciación de reinas de *Bombus rubicundus* (Hymenoptera: Apidae) en condiciones de cautiverio. V coloquio de insectos sociales- IUSSI. Universidad del Valle, Colombia.
Cría y manejo	CAICEDO G, VARGAS H, GAVIRIA J. Estudio del modelo natural de asentamiento de *Xylocopa* (Hymenoptera: Anthophoridae) para la adaptación de refugios en el cultivo de maracuyá (*Passiflora edulis* var. *flavicarpa* Degener). Rev Colom Entomol. 1993; 19(2):72-78.
Cría y manejo	CRUZ-SUAREZ P, ALMANZA MT, Y CURE JR. Logros y perspectivas de la cría de abejorros del genero *Bombus* en Colombia. Revista Facultad de Ciencias, Universidad Militar Nueva Granada. 2007; 3: 49–60.
Cría y manejo	CURE JR, ESCOBAR A, ALMANZA MT. *et al.* Desarrollo y dinámica del crecimiento de nidos de *Bombus atratus* Franklin (Insecta: Hymenoptera: Apidae) mantenidos bajo condiciones de cría diferentes.) Resúmenes V Encuentro Colombiano sobre abejas silvestres y III Congreso Colombiano de Zoología, Medellín, Colombia 2010; p 260,
Cría y manejo	GÓMEZ J, TORRES E. Evaluación de diferentes tipos de dieta para la iniciación de colonias de abejorros *Bombus atratus* (Hymenoptera: Apidae) en cautiverio. [Trabajo de Grado]. Facultad de Ciencias Básicas y Aplicadas. Universidad Militar Nueva Granada 2008
Cría y manejo	MARTÍNEZ-ANZOLA T. Diagnóstico de la actividad apícola y de la crianza de abejas en Colombia (Informe Técnico). Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural – Dirección de Cadenas Productivas. Bogotá. 2006. p. 38.
Cría y manejo	MORALES, C. Evaluación de colonias de *Bombus atratus* en cultivo comercial de tomate bajo invernadero. [Trabajo de Grado]. Facultad de Ciencias. Universidad Militar Nueva Granada. 2008.
Cría y manejo	MORANTES J, AGUILAR ML. Descripción morfológica del sistema reproductivo de machos de *Bombus atratus* (Hymenoptera: Apidae) de diferentes edades producidos en laboratorio. Memorias VI Encuentro Colombiano Sobre Abejas Silvestres. 2012.

TEMA	REFERENCIA
Cría y manejo	MORANTES, J. Algunos aspectos de la Biología reproductiva de machos de *Bombus atratus* (Hymenoptera: Apidae) producidos en colonias criadas en condiciones de campo y laboratorio en el Campus Cajicá de la Universidad Militar nueva Granada. [Trabajo de Grado]. Facultad de Ciencias Básicas y Aplicadas. Universidad Militar Nueva Granada. 2013.
Cría y manejo	PACATEQUE J, CRUZ P, AGUILAR M L, CURE JR. Efecto de la alimentación vía bolsillo en etapas tempranas de desarrollo de *Bombus atratus* (Hymenoptera, Apidae). Revista Colombiana de Entomología, 2012; 38: 343 – 346.
Cría y manejo	PADILLA S, RIAÑO D, CURE JR, AGUILAR ML. Observaciones preliminares de colonias de diferentes tamaños de *Bombus atratus* (Hymenoptera: Apidae) mantenidas en condiciones de campo abierto. Memorias VI Encuentro Colombiano Sobre Abejas Silvestres. 2012.
Cría y manejo	PADILLA S. Producción de sexuados de colonias de *Bombus atratus* (Hymenoptera, Apidae) bajo condiciones semi-controladas. Tesis de Maestría. Universidad Militar Nueva Granada. 2014.
Cría y manejo	PARRA-H A. Hacia la cría de abejas euglosinas. Biología de nidificación y aspectos limitantes en el desarrollo de nidos en abejas de las orquídeas (INSECTA: APIDAE) V Encuentro Colombiano sobre abejas silvestres y III Congreso Colombiano de Zoología, Medellín, Colombia. 2010; p 273.
Cría y manejo	PINILLA MS, AGUILAR ML. Efecto del ambiente de cría en la longevidad de obreras y desarrollo de colonias de *Bombus atratus* (Hymenoptera: Apidae) Acta biol. Colomb. 2016;21(1):73-80.
Cría y manejo	RIAÑO D, VELOZA M. Diferencias en el desarrollo de colonias de *Bombus atratus* (Hymenoptera: Apidae) criadas en condiciones de cautiverio y colonias criadas en condiciones de semi-cautiverio con libre forrajeo. [Trabajo de Grado]. Facultad de Ciencias Básicas y Aplicadas. Universidad Militar Nueva Granada. 2007
Cría y manejo	ROJAS D, CURE J R. Desarrollo de colonias de *Bombus atratus* (Hymenoptera: Apidae) en cautiverio durante la etapa subsocial. Revista Facultad de Ciencias Básicas.UMNG 2012; 8 (1)-28-33.
Cría y manejo	ROJAS D. Dinámica de crecimiento de una colonia de *Bombus atratus* (Hymenoptera: Apidae) en condiciones de cautiverio y en condiciones de campo en un cultivo de lulo (*Solanum quitoense* Lam) var septentrionale bajo polisombra. [Trabajo de Grado]. Facultad de Ciencias Básicas. Universidad Militar Nueva Granada. 2006.
Cría y manejo	ROMERO E, RIAÑO D, AGUILAR ML. Comparación de la producción de sexuados en colonias de *Bombus atratus* (Hymenoptera: Apidae) mantenidas bajo dos condiciones de cría (invernadero y campo abierto). Memorias VI Encuentro Colombiano Sobre Abejas Silvestres. 2012.
Cría y manejo	ROSSO-LONDOÑO JM, PARRA A. Cría y manejo de abejas nativas asociadas a producción de miel y buenas prácticas apícolas con la empresa de Biocomercio APISVA –Vaupés (Informe final de consultoría). Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt; 2008. 14p.
Cría y manejo	SOLARTE- C. V. TALERO C. SÁNCHEZ A. Estabilidad de temperatura, humedad relativa y punto de rocío al interior de las colonias de *Melipona eburnea*. En memorias del VIII Congreso mesoamericano de abejas nativas.2013; p 187-194.

TEMA	REFERENCIA
Cría y manejo	VILLAMIL M. Comportamiento reproductivo de *Bombus atratus* (Hymenoptera: Apidae) en el laboratorio e invernadero. Proyecto de Iniciación Científica. Facultad de Ciencias Básicas y Aplicadas. Universidad Militar Nueva Granada. 2013.
Diversidad y Taxonomía	ABRAHAMOVICH, A., & N. DÍAZ. Bumble bees of the Neotropical region (Hymenoptera: Apidae). Biota Colombiana. 2002; 3(2): 214-202
Diversidad y Taxonomía	BERNAL R, GALEANO G, RODRÍGUEZ A, SARMIENTO H, GUTIÉRREZ M. Nombres comunes de las plantas de Colombia. Disponible en: http://www.biovirtual.unal.edu.co/nombrescomunes/ [consultado el 24 de abril del 2014]
Diversidad y Taxonomía	BONILLA MA, NATES-PARRA G. Abejas euglossinas de Colombia (Hymenoptera: Apidae) I. Claves ilustradas. Caldasia.1992; 17(1): 149-172.
Diversidad y Taxonomía	BONILLA MA. Abejas euglosinas de Colombia (Hymenoptera: Apidae). Trabajo de Grado. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 1990.
Diversidad y Taxonomía	BUITRAGO A. Abejas y avispas de la reserva natural Rogitama, Arcabuco, Boyacá – Colombia V Encuentro Colombiano sobre abejas silvestres y III Congreso Colombiano de Zoología, Medellín, Colombia. 2010; p 258.
Diversidad y Taxonomía	CAMARGO JMF, ROUBIK DW. Neotropical Meliponini: Paratrigonoides mayri new genus and species from western Colombia (Hymenoptera, Apidae, Apinae) and phylogeny of related genera. Zootaxa. 2005; 1081: 33–45.
Diversidad y Taxonomía	CALLE AM. Identificación de abejas nativas (Hymenoptera: Apoidea) presentes en el Jardín Botánico de Medellín [Trabajo de Grado]. Medellín: Universidad Nacional de Colombia; 2015.
Diversidad y Taxonomía	CRUZ S. Las abejas carpinteras (Hymenoptera:Anthophoridae) en Colombia. [Trabajo de Grado]. Bogotá: Facultad de Ciencias, Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia; 1996.
Diversidad y Taxonomía	DRESSLER RL, OSPINA R. Una nueva especie de *Eulaema* (Hymenoptera: Apidae) del Chocó, Colombia. Caldasia.. 1997; 19 (1/2): 95-100.
Diversidad y Taxonomía	DURÁN J. SEPÚLVEDA-CANO P. Avances en el conocimiento de abejas urbanas (Hymenoptera: Apoidea: Apiformes) en la ciudad de Santa Marta. Memorias 40° Congreso de la Sociedad Colombiana de Entomología SOCOLEN. 2013.
Diversidad y Taxonomía	ENGEL MS, GONZÁLEZ VH. A new species of *Chlerogas* from the Andes of Central Colombia (Hymenoptera: Halictidae). Caldasia. 2009; 31 (2): 441-447.
Diversidad y Taxonomía	ENGEL MS, KLEIN B. Neocorynurella, a New Genus of Augochlorine Bees from South America (Hymenoptera: Halictidae). Deutsche entomologische Zeitschrift. 1997; 44 (2), 155-163.
Diversidad y Taxonomía	ENGEL MS. *Ischnomelissa*, a new genus of augochlorine bees (Halictidae) from Colombia. Studies on Neotropical Fauna and Environment. 1997; 32: 41-46.
Diversidad y Taxonomía	ENGEL MS. Notes on the Augochlorine bee genus *Chlerogas* (Hymenoptera: Halictidae). Caldasia. 2009; 31 (2): 449-457.
Diversidad y Taxonomía	ENGEL MS. Revision of the bee genus *Chlerogella* (Hymenoptera: Halictidae) port II: South American Species and generic diagnosis. Koo Keys. 2010.
Diversidad y Taxonomía	ENGEL MS. Taxonomic and Geographic Notes on Some Halictine Bee Species (Hymenoptera: Halictidae). Journal of the New York Entomological Society. 1996;104(1/2): 106-110.
Diversidad y Taxonomía	FERNÁNDEZ C, ZAMBRANO G, GONZÁLEZ VH. Comportamiento de nidificación, notas taxonómicas y distribución potencial de *Paratrigona eutaeniata* (Hymenoptera: Apidae, Meliponini). Revista Colombiana de Entomología. 2010; 36(2): 325–332.

TEMA	REFERENCIA
Diversidad y Taxonomía	FERNÁNDEZ DC, ZAMBRANO G, GONZALEZ VH. Comportamiento de nidificación, notas taxonómicas y distribución potencial de *Paratrigona eutaeniata* (Hymenoptera: Apidae, Meliponini). Revista Colombiana de Entomología. 2010; 36(2): 325-332.
Diversidad y Taxonomía	FERNÁNDEZ F, MUÑOZ Y, SIMMONS J, SAMPER C. La gestión en la administración de las colecciones biológicas. En J. Simmons y Y Muñoz (Ed). Cuidado, manejo y conservación de las colecciones biológicas. Conservación Internacional, serie Manuales de campo. Universidad Nacional de Colombia y CI. 2005; 189-206.
Diversidad y Taxonomía	FERNÁNDEZ F. Introducción a los Hymenoptera de la Región Neotropical. Sociedad Colombiana de Entomología y Universidad Nacional de Colombia. Bogotá 2006.
Diversidad y Taxonomía	FERNÁNDEZ F. La Diversidad de los Hymenoptera en Colombia En: RANGEL JO (ED.). Colombia Diversidad Biótica I. Universidad Nacional de Colombia – INDERENA Bogotá D.C.; 1995; p 373-442
Diversidad y Taxonomía	GÓMEZ GE, GONZÁLEZ VH, PIÑEROS JM. Estudio comparativo de la fauna de abejas euglosinas (Hymenoptera: Apidae) en el bosque húmedo del Caquetá, Colombia. *Tacayá*. 1997; 6: 3–4.
Diversidad y Taxonomía	GONZÁLEZ M, MONTOYA LJ. Diversidad de abejas y características de su distribución en el PNN Gorgona. Memorias VI Encuentro Colombiano Sobre Abejas Silvestres. 2012.
Diversidad y Taxonomía	GONZÁLEZ M. Angelitas (Hymenoptera: Apoidea: Meliponini) habitantes de la antigua prisión del PNN Gorgona. Memorias IX Coloquio de Insectos Sociales IUSSI Sección Bolivariana. 2013; p 59.
Diversidad y Taxonomía	GONZÁLEZ M. Un ginandromorfo de *Euglossa gorgonensis* Cheesman, 1929 (Apidae) en PNN Isla Gorgona. Memorias IX Coloquio de Insectos Sociales IUSSI Sección Bolivariana. 2013; p58.
Diversidad y Taxonomía	GONZÁLEZ VH, ASCHER JS, ENGEL MS. A new *Stelis (Dolichostelis)* from northern Colombia (Hymenoptera: Megachilidae): First record for South America and a synopsis of the bee fauna from the Caribbean region of Colombia. Journal of Natural History. 2012; 46(47□48): 2919□2934.
Diversidad y Taxonomía	GONZÁLEZ VH, ENGEL MS. A new species of *Geotrigona* Moure from the Caribbean coast of Colombia (Hymenoptera, Apidae). ZooKeys. 2012; 172: 77□87.
Diversidad y Taxonomía	GONZÁLEZ VH, ENGEL MS. *Andinopanurgus* , a new Andean subgenus of *Protandrena* (Hymenoptera, Andrenidae). ZooKeys 2011. 126: 57–76.
Diversidad y Taxonomía	GONZALEZ VH, ENGEL MS. The Tropical Andean Bee Fauna (Insect: Hymenoptera: Apoidea) with Examples from Colombia. Entomologische Abhandlungen. 2004; 62(1):65-75.
Diversidad y Taxonomía	GONZÁLEZ VH, ENGEL MS. A new species of Lonchopria Vachal from Norte de Santander, Colombia (Hymenoptera: Colletidae). In: Aguiar, A.J.C., R.B. Gonçalves, & K.S. Ramos (Eds.), Ensaios sobre as abelhas da região Neotropical: Homenagem aos 80 anos Danuncia Urban. Editora UFPR.
Diversidad y Taxonomía	GONZÁLEZ VH, FLOREZ J. *Leioproctus rosellae* sp. n., the first record of the genus from northern South America (Hymenoptera,Colletidae). ZooKeys. 2011; 141: 71–77.
Diversidad y Taxonomía	GONZÁLEZ VH, GIRALDO C. New Andean bee species of *Chilicola spinola* (Hymenoptera: Colletidae, Xeromelissinae) with notes on their biology. Caldasia, 2009; 31(1): 145-154.

TEMA	REFERENCIA
Diversidad y Taxonomía	GONZÁLEZ VH, GONZÁLEZ MM., CUELLAR Y. Notas biológicas y taxonómicas sobre los abejorros del maracuyá del género *Xylocopa* (Hymenoptera: Apidae, Xylocopini) en Colombia. Acta Biológica Colombiana. 2009; 14 (2): 31 – 40.
Diversidad y Taxonomía	GONZÁLEZ VH, GRISWOLD T. *Heriades tayrona* n. sp., the first osmiine bee from South America (Hymenoptera: Megachilidae). J Kans Entomol Soc. 2011; 84(4): 255–259.
Diversidad y Taxonomía	GONZÁLEZ VH, GRISWOLD T. New species and previously unknown males of neotropical cleptobiotic stingless bees (Hymenoptera, Apidae, *Lestrimelitta*). Caldasia 2012; 34(1): 227□245.
Diversidad y Taxonomía	GONZÁLEZ VH, MICHENER CD. A New *Chilicola Spinola* from Colombian Páramo (Hymenoptera: Colletidae: Xeromelissinae). Journal of Hymenoptera Research. 2004; 13: 24-30
Diversidad y Taxonomía	GONZÁLEZ VH, NATES-PARRA G. Sinopsis de *Parapartamona* (Hymenoptera, Apidae, Meliponini), un género estrictamente andino. Revista Acad. Colomb. Ci. Exact. 1999; 23(Suplemento especial): 171-179.
Diversidad y Taxonomía	GONZÁLEZ VH, NATES-PARRA G. *Trigona* Subgenus Duckeola in Colombia (Hymenoptera: Apidae). Journal of the Kansas Entomological Society. 2004; 77(3): 292.
Diversidad y Taxonomía	GONZÁLEZ VH, OSPINA M, BENNETT D. Abejas Altoandinas de Colombia: Guía de campo. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, D.C., Colombia; 2005.
Diversidad y Taxonomía	GONZÁLEZ VH, OSPINA M. Nuevos registros genéricos de abejas (Hymenoptera: Apoidea) para Colombia. Acta Biológica Colombiana.2006; 11(suppl.1): 89-90.
Diversidad y Taxonomía	GONZÁLEZ VH, RASMUSSEN C, VELASQUEZ A. Una especie nueva de *Lestrimelitta* y un cambio de nombre en *Lasioglossum* (Hymenoptera: Apidae, Halictidae). Revista Colombiana de Entomología. 2010; 36(2):319-324.
Diversidad y Taxonomía	GONZÁLEZ VH, ROUBIK D. Especies nuevas y filogenia de las abejas de fuego, *Oxytrigona* (Hymenoptera: Apidae, Meliponini). Acta Zoológica Mexicana. 2008; 24(1): 43-71.
Diversidad y Taxonomía	GONZÁLEZ VH, RUZ L. New enigmatic Andean species of *Protandrena* (Hymenoptera, Apoidea, Andrenidae) Revista Brasileira de Entomologia. 2007; 51 (4): 397-403.
Diversidad y Taxonomía	GONZÁLEZ VH, RUZ L. Novas espécies de abelhas andinas do gênero *Protandrena* (Hymenoptera, Andrenidae, Panurginae). Revista Brasileira de Entomologia. 2007; 51 (4): 397-403.
Diversidad y Taxonomía	GONZÁLEZ VH, SEPÚLVEDA PA. Una especie nueva de *Geotrigona* (Hymenoptera: Apidae, Meliponini), con comentarios sobre el género en Colombia. Acta Biológica Colombiana. 2007; 12: 103-108.
Diversidad y Taxonomía	GONZÁLEZ VH, SMITH-PARDO A. New distribution records and taxonomic comments on *Parapartamona* (Hymenoptera: Apidae: Meliponini). *Journal of the Kansas Entomological Society*. 2003; 76(4): 655–657.
Diversidad y Taxonomía	GONZÁLEZ VH, SMITH-PARDO AH, BOGOTÁ G. Two new Andean species of *Neocorynura* (Hymenoptera: Halictidae: Augochlorini) with notes on their biology. Stud Neotrop Fauna Environ. 2006; 41 (3): 197-208.
Diversidad y Taxonomía	GONZÁLEZ VH, VÉLEZ D. Una especie nueva de *Paratrigona* (Hymenoptera: Apidae, Meliponini), con una sinopsis del género en Colombia. Boletín del Museo de Entomología de la Universidad del Valle. 2007; 8(2): 9–13.

TEMA	REFERENCIA
Diversidad y Taxonomía	GONZÁLEZ VH. A new species of *Acamptopoeum* from Colombia (Hymenoptera: Andrenidae: Panurginae). Caldasia. 2004; 26(1): 239-243.
Diversidad y Taxonomía	GONZÁLEZ VH. Distribución geográfica de las abejas del fuego en Colombia (Hymenoptera: Apidae, Meliponini, *Oxytrigona*). Revista Colombiana de Entomología. 2007; 33 (2): 188-189.
Diversidad y Taxonomía	GONZÁLEZ VH. Dos especies nuevas de abejas (Hymenoptera) de la ciudad de Bogotá (Colombia). Revista Colombiana de Entomología. 2006; 32(1):193-96.
Diversidad y Taxonomía	GONZÁLEZ VH. El género *Oxytrigona* Cockerell, 1917 (Hymenoptera. Apidae: Meliponini) en Colombia. (Trabajo de Grado). Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 2000.
Diversidad y Taxonomía	GUTIÉRREZ C, ZABALA GA. Las abejas en Barbas-Bremen, Sector Quindío, Colombia. 2015. Disponible en: https://www.nature.uni-freiburg.de/ressourcen/Brosch_Flyer/Gutierrez_Chacon_Barbas_Bremen [consultado el 30 de julio de 2015]
Diversidad y Taxonomía	HERNÁNDEZ CA., LÓPEZ M, LINCH A, RAMÍREZ S. Patrones de diversidad y abundancia anual de machos de abejas Euglossini (Hymenoptera : Apidae) en un bosque húmedo tropical de tierras bajas en Colombia.V Encuentro Colombiano sobre abejas silvestres y III Congreso Colombiano de Zoología, Medellín, Colombia.2010; p 259.
Diversidad y Taxonomía	HERNÁNDEZ EJ, ROUBIK DW, NATES-PARRA G. Morphometric analysis of bees in the *Trigona fulviventris* Group (Hymenoptera: Apidae). J Kans Entomol Soc. 2007; 80(3): 205-212 pp.
Diversidad y Taxonomía	HERNÁNDEZ EJ. El subgénero *Trigona* s. str. Jurine 1808 (Hymenoptera: Apidae: Meliponinae) en Colombia. (Trabajo de Grado). Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 2004.
Diversidad y Taxonomía	HURD PD, LINSLEY G. South American squash and gourd bees of the genus *Peponapis* (Hymenoptera: Apoidea). Annals of the Entomological Society of America. 1967; 60(3): 647-661.
Diversidad y Taxonomía	JARAMILLO J, CALDERÓN-ACERO L. NATES- PARRA G. Diversidad del género *Nannotrigona* sp. (Hymenoptera: Apidae: Meliponini) y sus recursos tróficos en Colombia. Memorias VI Encuentro Colombiano Sobre Abejas Silvestres. 2012.
Diversidad y Taxonomía	JARAMILLO J. Las especies del género Nannotrigona (Hymenoptera,Apidae; Meliponini) en Colombia. Trabajo de grado. Biología. Universidad Nacional de Colombia. 2011.
Diversidad y Taxonomía	LIÉVANO A, OSPINA R, NATES-PARRA G. 1991. Distribución altitudinal del género *Bombus* en Colombia (Hymenoptera: Apidae). *TRIANEA*, 4: 541–550.
Diversidad y Taxonomía	LIÉVANO A, OSPINA R. Contribución al conocimiento de los abejorros sociales de Cundinamarca. Trabajo de Grado. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 1984.
Diversidad y Taxonomía	LIÉVANO A., OSPINA R, NATES-PARRA G. Contribución al conocimiento de la taxonomía del género *Bombus* en Colombia (Hymenoptera: Apidae). . 1994; Trianea, 5: 221–233.
Diversidad y Taxonomía	LIÉVANO A., OSPINA R., NATES-PARRA G. Claves taxonómicas para el género *Bombus* en Colombia. Trianea. 1994; 5:221 - 233.
Diversidad y Taxonomía	MICHENER CD. New and little know Halictine bees from Colombia. J of the Kansas Soc. 1979; 51(1): 180-208 pp.

TEMA	REFERENCIA
Diversidad y Taxonomía	MICHENER CD. The bee genus *Chilicola* in the Tropical Andes, with observations on nesting biology and phylogenetic analysis of the subgenera (Hymenoptera: Colletidae, Xeromelissinae). Natural History Museum the University of Kansas. 2002;26: 1-47.
Diversidad y Taxonomía	MITCHELL T B. A contribution to the knowledge of neotropical *Megachile* with descriptions of new species. Transactions of the American Entomological Society. 1930; 56: 155-305.
Diversidad y Taxonomía	MORA-MONTEALEGRE Y, VELÁSQUEZ A. Distribución altitudinal de abejas euglosinas en el corredor amazónico colombiano. Memorias VI Encuentro Colombiano Sobre Abejas Silvestres. 2012.
Diversidad y Taxonomía	MORELO MM, VANEGAS MI. Diversidad de abejas sin aguijón (Meliponini) y caracterización de la flora asociada con sus nidos en la reserva de Coraza (Municipio de Colosó, Sucre). Trabajo de grado Biología, Universidad De Sucre. 2009.
Diversidad y Taxonomía	MOURE JS, HURD PD JR. An Annotated Catalog of the Halictid Bees of the Western Hemisphere (Hymenoptera: Halictidae). Washington: Smithsonian Institution Press .1987.
Diversidad y Taxonomía	MORALES G. Historia del Museo Entomológico Francisco Luis Gallego. Bol Mus Entomol Francisco Luis Gallego. 2009; 1(1): 1-7. http://www.unalmed.edu.co/~mentomol/museo.html
Diversidad y Taxonomía	MOURE JS, URBAN D, MELO GAR. Catalogue of bees (Hymenoptera: Apoidea) in the Neotropical Region. Sociedade Brasileira de Entomologia; Curitiba. 2007.
Diversidad y Taxonomía	NATES-PARRA G, FERNÁNDEZ F. Abejas de Colombia II: Claves preliminares para las familias, subfamilias y tribus (Hymenoptera:Apoidea). Acta Biológica Colombiana 1992; 2(7/8): 55-89 pp.
Diversidad y Taxonomía	NATES-PARRA G, GONZÁLEZ VH, OSPINA R. Descripción de los machos y anotaciones sobre la biología de *Paratrigona anduzei* y P. Eutaeniata (Hymenoptera: Apidae: Meliponini) en Colombia. Caldasia. 1999; 21(2): 174-183.
Diversidad y Taxonomía	NATES-PARRA G, PARRA A, RODRÍGUEZ-C A, BAQUERO P, VÉLEZ ED. Abejas silvestres (Hymenoptera: Apoidea) en ecosistemas urbanos: Estudio en la ciudad de Bogotá y sus alrededores. Revista Colombiana de Entomología 2006; 32(1): 77-84.
Diversidad y Taxonomía	NATES-PARRA G, RODRÍGUEZ-C Á, VÉLEZ ED. Abejas sin aguijón (Hymenoptera: Apidae: Meliponini) en cementerios de la Cordillera Oriental de Colombia. Acta Biológica Colombiana 2006; 11(1):25-35.
Diversidad y Taxonomía	NATES-PARRA G, ROUBIK DW. Sympatry among subspecies of *Melipona favosa* in Colombia and a taxonomic revision. Journal of the Kansas Entomological Society. 1990; 63(1): 200-203.
Diversidad y Taxonomía	NATES-PARRA G. Abejas corbiculadas de Colombia (Hymenoptera:Apidae). Sección de Publicaciones, Unibiblos Ed. Universidad Nacional de Colombia; Bogotá. 2005.
Diversidad y Taxonomía	NATES-PARRA G. Abejas de Colombia I. Lista preliminar de algunas especies de abejas sin aguijón (Hymenoptera: Apidae: Meliponinae). Revista de Biología Tropical.1983; 31(1):155-158.
Diversidad y Taxonomía	NATES-PARRA G. Abejas de Colombia III. Clave para géneros y subgénero de Meliponinae (HYMENOPTERA: APIDAE). ACTA BIOLÓGICA COLOMBIANA. 1990;2(6): 115128.

TEMA	REFERENCIA
Diversidad y Taxonomía	NATES-PARRA G. Abejas sin aguijón (Hymenoptera: Meliponinae) de Colombia. En: Amat G; Andrade G; Fernández F. (eds). Insectos de Colombia: Estudios escogidos. Bogotá, Colombia: Universidad Javeriana y Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales; 1996; p181-268
Diversidad y Taxonomía	NATES-PARRA G. Abejas sin aguijón e Iniciativa de Polinizadores. V Coloquio de Insectos Sociales IUSSI. Cali, Colombia. 2005.
Diversidad y Taxonomía	NATES-PARRA G. Biodiversidad y Meliponicultura en el Piedemonte Llanero, Meta, Colombia. Memorias VII Encontro sobre abelhas. Ribeirao Preto, Brasil. 2006.
Diversidad y Taxonomía	NATES-PARRA G. Notas preliminares sobre la familia Halictidae en Colombia I. Tribu Augochlorini. Tacayá. 1994;2: 5 - 6.
Diversidad y Taxonomía	NATES-PARRA G. Las abejas sin aguijón (Hymenoptera: Apidae: Meliponini) de Colombia. Biota Colombiana. 2001; 2(3): 233-248.
Diversidad y Taxonomía	NATES-PARRA G. Las abejas sin aguijón del género *Melipona* (Hymenoptera: Meliponinae) en Colombia. Boletín del Museo de Entomología de la Universidad del Valle. 1995; 3(2):21-33.
Diversidad y Taxonomía	NATES-PARRA G. Nuevos registros para abejas del género Melipona en Colombia. Tacayà 1995; 4: 7-8.
Diversidad y Taxonomía	NATES-PARRA G.. Notas preliminares sobre la familia Halictidae en Colombia II. Tribu Halictini. Tacayá 1995;3:8-10
Diversidad y Taxonomía	ORTIZ E, ARANGO GJ. Descripción de nidos de abejas de la subfamilia Meliponini (Hymenoptera: Apidae) en cinco municipios del suroeste antioqueño [Trabajo de grado]. Medellín. Universidad de Antioquia. 1985.
Diversidad y Taxonomía	OSORNO E, OSORNO H. Notas biológicas sobre algunas especies de *Bombus* de los alrededores de Bogotá, Colombia, Sur América. Revista Entomologica Rio de Janeiro. 1938; 9 (1/2): 32-39.
Diversidad y Taxonomía	OSPINA M. Abejas carpinteras (Hymenoptera: Apidae: Xylocopinae: Xylocopini) de la región Neotropical. Biota Colombiana. 2000; 1: 239-252.
Diversidad y Taxonomía	OSPINA M. Abejas del género *Thygater* Holmberg, 1884 (Hymenoptera: Apidae: Eucerini) en Colombia [Tesis de pregrado]. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia. 2002.
Diversidad y Taxonomía	OSPINA R., LIÉVANO A, NATES-PARRA G. El patrón de coloración del abejorro social *Bombus atratus* F. en Cundinamarca, Colombia: una población diferenciada. Revista de Biología Tropical. 1987; 35 (2): 317-324
Diversidad y Taxonomía	OSPINA-TORRES R, PARRA A, GONZÁLEZ VH. The male gonostylus of the orchid bee genus *Euglossa* (Apidae: Euglossini). Zootaxa. 2006; 1320: 49-55.
Diversidad y Taxonomía	OSPINA-TORRES R, SANDINO JC. *Eulaema chocoana*, nueva especie de abeja euglosina de la costa pacífica de Colombia. Caldasia. 1997; 19 (1/2): 165-174.
Diversidad y Taxonomía	OSPINA-TORRES R. Revisión de la morfología genital masculina de *Eulaema* (Hymenoptera: Apidae). Revista de Biología Tropical. 1998; 46 (3):749-762.
Diversidad y Taxonomía	PALACIOS E. Algunas abejas solitarias (Hymenoptera: Apoidea: Megachilidae) de Santa Marta (Magdalena, Colombia) adaptadas a nidos trampa. III Encuentro Colombiano Sobre Abejas Silvestres. Santa Marta. Colombia. 2006. p. 43.
Diversidad y Taxonomía	PARRA G. Censo parcial de las abejas sin aguijón (Meliponinae-Apidae) del Occidente Colombiano. Cespedesia. 1984; 13 (4):277-290.
Diversidad y Taxonomía	PARRA G. Distribución de las abejas sin aguijón (Meliponinae-Apidae) en el departamento del Valle del Cauca. Cespedesia. 1991; 18 (61): 9-22.

TEMA	REFERENCIA
Diversidad y Taxonomía	PARRA-H A, NATES-PARRA G. First record of *Eufriesea bare* González & Gaiani and notes on the distribution of three species of orchid bees pertaining to the genus *Euglossa* Latreille (Apidae: Euglossini) in Colombia. Revista Acad. Colomb. Ci. Exact. 2007; 31(120): 415–426.
Diversidad y Taxonomía	PARRA-H A, NATES-PARRA G. Variación de la comunidad de abejas de las orquídeas (Hymenoptera: Apidae) en tres ambientes perturbados del piedemonte llanero colombiano. Revista de Biología Tropical. 2007; 55 (3-4): 931-941.
Diversidad y Taxonomía	PARRA-H A, OSPINA R, RAMÍREZ S. *Euglossa natesi* n. sp., a new species of orchid bee from the Chocó region of Colombia and Ecuador (Hymenoptera: Apidae) *Zootaxa.* 2006; 1298: 29–36
Diversidad y Taxonomía	PÉREZ-GRISALES MK, ZAMBRANO-GONZÁLEZ G. Abejas silvestres (Hymenoptera, Apoidea) en el área urbana de la ciudad de Popayán, Cauca. X Coloquio de la Sección del Norte Suramericano de la Unión Internacional para el Estudio de los Insectos Sociales IUSSI. Bogotá, 2015: 64
Diversidad y Taxonomía	PINILLA MS, NATES-PARRA G. Diversidad de visitantes y aproximación al uso de nidos trampa para *Xylocopa* (Hymenoptera: Apidae) en una zona productora de pasifloras en Colombia. Actual Biol. 2015a;37(103):143-153.
Diversidad y Taxonomía	RAMÍREZ S, DRESSLER RL, OSPINA M. 2002. Abejas euglosinas (Hymenoptera: Apidae) de la Región Neotropical: Listado de especies con notas sobre su biología. Biota Colombiana. 3(1): 7-118.
Diversidad y Taxonomía	RAMÍREZ S. *Euglossa paisa*, a new species of orchid bee from the Colombian Andes (Hymenoptera: Apidae). Zootaxa. 2005; 1065: 51-60.
Diversidad y Taxonomía	RAMÍREZ S. Las abejas constructoras y las áreas despejadas (senderos) en el abejorro Amazónico, Bombus (Fervidobombus) trasnversalis (Hymenoptera: Apidae). Trabajo de Grado. Universidad de Los Andes. 2001.
Diversidad y Taxonomía	RODRÍGUEZ M, VÁSQUEZ E, CHACÓN DE ULLOA P. Abejas sin aguijón en el campus de la Universidad del Valle, Cali, Colombia. Boletín del Museo de Entomología de la Universidad del Valle 2013, 14(2) Suplemento : 43
Diversidad y Taxonomía	ROUBIK DW. Abejas de orquídeas de la América tropical: biología y guía de campo = Orchid bees of tropical America : biology and field guide. Santo Domingo de Heredia, CR : Instituto Nacional de Biodiversidad, INBio, 2004.
Diversidad y Taxonomía	SÁNCHEZ G. Aproximación a las abejas silvestres (Hymenoptera: Apidae) asociadas a agroecosistemas en el Municipio de Dolores (Tolima). Trabajo de grado. Biología. Universidad Nacional de Colombia. 2006.
Diversidad y Taxonomía	SANDINO JC. Primer inventario de abejas euglosinas en la vertiente del Pacífico del suroccidente de Colombia: diversidad, distribución altitudinal y efectos de la perturbación humana. Trabajo de Grado. Universidad del Valle. Cali. 1995.
Diversidad y Taxonomía	SARMIENTO C. Abejas y avispas (Hymenoptera : Vespidae, Pompilidae, Sphecidae) del Santuario Nacional de Flora y Fauna de Iguaque, Boyacá, Colombia. Boletín del Museo Entomológico de la Universidad del Valle. 1993;1(2):1-12.
Diversidad y Taxonomía	SMITH- PARDO A. Abejas (Hymenoptera: Apoidea) de la zona de influencia del Embalse Porce II (Antioquia, Colombia) [Tesis de Maestría en Entomología]. Medellín, Universidad Nacional de Colombia; 1999.
Diversidad y Taxonomía	SMITH-PARDO A, ENGEL MS. Distribution Records for *Trigona* subgenus *Duckeola* outside of Brazil (Hymenoptera: Apidae). Journal of the Kansas Entomological Society. 2001; 74(2):115-117.
Diversidad y Taxonomía	SMITH-PARDO A, GONZALEZ V H. Diversidad de abejas (Hymenoptera: Apoidea) en estados sucesionales del Bosque Húmedo Tropical. Acta biológica Colombiana 2007; 12(1):43-56.

TEMA	REFERENCIA
Diversidad y Taxonomía	SMITH-PARDO A, GONZÁLEZ VH. A revision of *Neocorynura* bees of the *joannisi* group with new geographical records for other Andean species (Hymenoptera: Halictidae, Augochlorini). Journal of Studies on Neotropical Fauna and Environment. 2009; 44 (2): 115-129.
Diversidad y Taxonomía	SMITH-PARDO A, GONZÁLEZ VH. Abejas *Chilicola* (Hylaeosoma) Ashmead (Colletidae: Xeromelissinae) del grupo Megalostigma: una especie nueva de Colombia y clave para las especies. Neotropical Entomology. 2007; 36(6): 910913.
Diversidad y Taxonomía	SMITH-PARDO A, VÉLEZ R. Abejas de Antioquia: Guia de Campo. Centro de publicaciones Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín. 2008.
Diversidad y Taxonomía	SMITH-PARDO A. A preliminary account of the bees of Colombia (Hymenoptera:Apoidea): Present knowledge and future directions. J Kans Entomol Soc. 2003; 76(2): 335-341.
Diversidad y Taxonomía	SMITH-PARDO A. Las abejas silvestres de Porce: Claves y notas sobre los géneros y especies de la familia Colletidae (Hymenoptera: Apoidea). Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín. 1999; 52 (2): 599-610.
Diversidad y Taxonomía	URBAN D. As espécies do género *Thygater* Holmberg, 1884. Boletim da Universidade Federal do Paraná (Zoologia). 1967; 2 (12): 177-307.
Diversidad y Taxonomía	VÉLEZ ED, VIVALLO F. A new South American species of *Centris* (*Heterocentris*) Cockerell, 1899 with a key to the species with horn-like projections on the clypeus (Hymenoptera: Apidae: Centridini). Zootaxa. 2012; 3357: 49–55.
Diversidad y Taxonomía	VÉLEZ ED. Revisión del género *Centris* Fabricius, 1804 (Hymenoptera: Apidae: Centridini) en Colombia [Tesis de maestría]. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia. 2012.
Diversidad y Taxonomía	VÉLEZ R, SEPÚLVEDA, P. Lista de las abejas Colletidae y Andrenidae del Museo Entomológico Francisco Luis Gallego. Boletín del museo entomológico Francisco Luis Gallego. 2011; 3(3):23-24.
Diversidad y Taxonomía	VÉLEZ R. Abejas sin aguijón (Apidae: Meliponini) de la ciudad de Medellín (Colombia): una aproximación a la ecología urbana. Trabajo de Grado. Universidad de Antioquia Medellín.2006.
Diversidad y Taxonomía	VÉLEZ R. Diversidad y distribución de las abejas silvestres de Colombia. En memorias del VIII Congreso mesoamericano de abejas nativas. p 214-218.
Diversidad y Taxonomía	VÉLEZ R. Una aproximación a la sistemática de las abejas silvestres de Colombia [Tesis de Maestría] Medellín: Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. 2009.
Diversidad y Taxonomía	VERGARA C, PINTO O. Primer registro para Colombia de Abejas sin aguijón encontradas a más de dos mil metros de altura (Hymenoptera: Apidae). Lozania.1981; 35: 1-3.
Diversidad y Taxonomía	WILCHEZ N, CARREÑO, J, NÚÑEZ L A. Abejas sin aguijón (Hymenoptera: Apidae: Meliponini) de Casanare, Colombia. Acta biológica. Colombiana. 2009; 14(2): 179.
Ecología	AMAYA AP, MOLINA J. Diversidad y patrones de nidificación de abejas sin aguijón (Apidae: Meliponinae) en la Universidad del Quindío. Memorias IX Coloquio de Insectos Sociales IUSSI Sección Bolivariana. 2013; p 53.
Ecología	ABRIL RAMÍREZ DL. Las ericáceas con frutos comestibles del altiplano Cundiboyacense (Trabajo de Grado). Bogotá: Carrera de Biología, Facultad de Ciencias, Pontificia Universidad Javeriana; 2010. 41 p.

TEMA	REFERENCIA
Ecología	BALAGUERA-LÓPEZ H. Estudio del crecimiento y desarrollo del fruto de champa (*Campomanesia lineatifolia* Ruiz & Pav.) y determinación del punto óptimo de cosecha (Tesis de Maestría). Bogotá, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia; 2011. 138 p.
Ecología	BONILLA-GÓMEZ MA. Caracterização da estrutura espaço-temporal da comunidade de abelhas euglossinas (Hymenoptera, Apidae) na Hiléia Bahiana. (Tesis Doctoral). Instituto de Biologia. Universidade Estadual de Campinas. Campinas. Brasil. 1999. 153 pp.
Ecología	BRAVO-MONROY L, TZANOPOULOS J. Potts S. Ecological and social drivers of coffee pollination in Santander, Colombia. Agric Ecosyst Environ. 2015;211: 145-154.
Ecología	CAICEDO G, VARGAS H, FERNÁNDEZ F. Fauna asociada con los nidos de las abejas carpinteras *Xylocopa* spp. (Hymenoptera: Anthophoridae). Revista Colombiana de Entomología. 1995; 21 (2):83-86.
Ecología	CELIS CJ, AGUILAR ML, CURE JR. Aspectos biológicos de *Cenohalictus* sp. (Hymenoptera: Halictidade) de zonas altoandinas de Cundinamarca, Colombia. Memorias VI Encuentro Colombiano Sobre Abejas Silvestres. 2012.
Ecología	CURE JR. Estudo ecológico da comunidade de abelhas silvestres (Hymenoptera: Apoidea) do parque de cidade, comparado ao de outras áreas de Curitiba, Paraná. (Tesis de Maestría), Universidade Federal do Paraná. Curitiba. Brasil. 1983 p.86.
Ecología	CHACÓN DE ULLOA P, RAMÍREZ-RESTREPO L, RODRÍGUEZ-MONTOYA M. Capítulo Colombia. En: I. MacGregor-Fors y R. Ortega-Alvarez (edts). Ecología urbana experiencias en América Latina. Instituto de Ecologia de México. 130 p.
Ecología	DAVIS S, GONZÁLEZ VH. Two new species of the melittophilous beetle *Scotocryptus* (Coleoptera: Leiodidae) associated with colonies of *Melipona fuscipes* (Hymenoptera: Apidae) in Colombia. *Deutsche Entomologische Zeitschrift.* 2008; 55(1): 161–166.
Ecología	FERNÁNDEZ C, ZAMBRANO G, GONZÁLEZ VH. Comportamiento de nidificación, notas taxonómicas y distribución potencial de *Paratrigona eutaeniata* (Hymenoptera: Apidae, Meliponini). Revista Colombiana de Entomología. 2010; 36(2): 325–332.
Ecología	FERNÁNDEZ DC, ZAMBRANO G, GONZALEZ VH. Comportamiento de nidificación, notas taxonómicas y distribución potencial de *Paratrigona eutaeniata* (Hymenoptera: Apidae, Meliponini). Revista Colombiana de Entomología. 2010; 36(2): 325-332.
Ecología	FERNÁNDEZ F, NATES G. Hábitos de nidificación en las abejas carpinteras del género *Xylocopa* (Hymenoptera: Anthophoridae) Revista Colombiana de Entomología 1985; 11 (2):36-41.
Ecología	GARIBALDI L, CARVALHEIRO L, VAISSIÈRE BE, GEMMILL-HERREN B, HIPÓLITO J, FREITAS B, et al., Mutually beneficial pollinator diversity and crop yield outcomes in small and large farms. Science 2016; 351 (6271): 388-391
Ecología	GALVIS CEH. Biología de la abeja de brea *Ptilotrigona lurida* y composición de sus productos. Cespedesia. 1987. 14-15 (53-54-55-56): 85-87
Ecología	GÓMEZ E. Reconocimiento de las abejas silvestres y su importancia ecológica: una estrategia educativa para la conservación del bosque alto andino (La capilla, Boyacá) [Trabajo de grado]. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional. 2012.

TEMA	REFERENCIA
Ecología	GONZÁLEZ VH, BROWN B, OSPINA M. A new species of *Megaselia* (Diptera: Phoridae) associated with brood provisions of nests of *Neocorynura* (Hymenoptera: Halictidae). *Journal of the Kansas Entomological Society*. 2002; 75(2): 73–79.
Ecología	GONZÁLEZ VH, CHÁVES F. Nesting Biology of a New High Andean Bee, *Anthophora walteri* González (Hymenoptera:Apidae: Anthophorini). J Kans Entomol Soc. 2004; 77(4): 584-592.
Ecología	GONZÁLEZ VH, GONZÁLEZ MM., CUELLAR Y. Notas biológicas y taxonómicas sobre los abejorros del maracuyá del género *Xylocopa* (Hymenoptera: Apidae, Xylocopini) en Colombia Acta Biológica Colombiana. 2009; 14 (2): 31 – 40.
Ecología	GONZÁLEZ VH, MANTILLA B, MAHNERT V. A new host record for *Dasychernes inquilinus* Chamberlin (Arachnida, Pseudoscorpiones, Chernetidae), with an overview of the pseudoscorpion-bee relationship. *Journal of Arachnology*. 2007; 35(3): 470–474.
Ecología	GONZÁLEZ VH, MEJÍA A, RASMUSSEN C. Ecology and Nesting Behavior of *Bombus atratus* Franklin in Andean Highlands (Hymenoptera: Apidae). J. Hym. Res, 2004; 13 (2), 234–242.
Ecología	GONZÁLEZ VH, OSPINA M, PALACIOS E, TRUJILLO E. Nesting habitats and rates of cell parasitism in some bees species of the genera *Ancyloscelis*, *Centris* and *Euglossa* (Hymenoptera: Apidae) from Colombia. Bol Mus Entomol. Universidad del Valle. 2007; 8 (2): 23-29.
Ecología	GONZÁLEZ VH, OSPINA M. Nest Structure, Seasonality, and Host Plants of *Thygater aethiops* (Hymenoptera: Apidae, Eucerini) in the Andes. J Hymenopt Res. 2008; 17 (1): 110-115.
Ecología	GONZÁLEZ VH, OSPINA-TORRES R. *Eufriesea pretiosa* y *E. nigrescens* (Hymenoptera: Apidae: Euglossini): un caso de oportunismo o simbiosis? *Caldasia*. 2000; 22(2): 357–359.
Ecología	GONZÁLEZ VH. Meliponini (Hymenoptera: Apidae) del noroccidente del departamento del Caquetá, Colombia: lista preliminar y perspectivas en su explotación. *Tacayá*. 2000; 10: 6–8.
Ecología	HERNÁNDEZ CA. Annual diversity and abundance patterns of male Euglossine bees (Hymenoptera: Apidae) in lowland tropical rainforest of Colombia. Trabajo de Grado. Univeridad de Los Andes. 2009.
Ecología	HOFFMANN W, TORRES A, NEUMANN P. A scientific note on the nest and colony development of the Neotropical bumble bee *Bombus* (Robustobombus) *melaleucus*. Apidologie. 2004; 35, 339-340.
Ecología	LÓPEZ MM. Estimación de la variabilidad genética y su relación con el grado de socialidad en cinco especies de abejas euglosinas colombianas (Apidae: Euglossini). [Trabajo de Grado]. Universidad de Los Andes. 2004.
Ecología	MARTÍNEZ S, SOTO E., OTERO JT. Distribución espacial de los nidos de *Nannotrigona mellaria* (Apidae: Meliponini) en la Universidad del Valle. Memorias IX Coloquio de Insectos Sociales IUSSI Sección Bolivariana. 2013; p 36.
Ecología	MEJÍA A. Revisión de aspectos de nidificación y ciclo de desarrollo en Bombus atratus (Hymenoptera:Apidae) con fines comerciales. [Trabajo de Grado], Biología. Universidad Nacional de Colombia. 1999.
Ecología	MICHENER CD. Nest and seasonal cycle of *Neocorynura pubescens* in Colombia (Hymenoptera: Halictidae). Rev Biol Trop. 1977; 25(1):39-41 pp.

TEMA	REFERENCIA
Ecología	MONTOYA P. Algunos aspectos de la historia natural de abejas del genero *Neocorynura* (Apoidea: Halictidae) en el SFF Iguaque, Boyacá, Colombia. [Trabajo de Grado]. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 2005.
Ecología	MONTOYA PM. Algunas observaciones en agregados de abejas solitarias en el santuario de flora y fauna Iguaque, Boyacá, Colombia. II Encuentro Colombiano sobre abejas silvestres. Bogotá, Colombia. 2004. 44 pp
Ecología	NATES-PARRA G, CEPEDA O. Comportamiento defensivo en algunas especies de meliponinos colombianos (Hymenoptera: Meliponinae). Boletín del Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia. 1983; 1 (5): 65-82.
Ecología	NATES-PARRA G, GONZÁLEZ VH. Notas sobre el nido de *Eulaema polychroma* (Hymenoptera:Apidae:Euglossini). Revista Actualidades Biológicas. 2000; 22(72): 83-91.
Ecología	NATES-PARRA G, PALACIOS E, PARRA-H A. Efecto del cambio del paisaje en la estructura de la comunidad de abejas sin aguijón (Hymenoptera:Apidae) en Meta, Colombia. Rev. Biol. Trop. (Int. J. Trop. Biol. Vol. 2008; 56 (3): 1295-1308
Ecología	NATES-PARRA G, PARRA A, RODRÍGUEZ-C A, BAQUERO P, VÉLEZ ED. Abejas silvestres (Hymenoptera: Apoidea) en ecosistemas urbanos: Estudio en la ciudad de Bogotá y sus alrededores. Revista Colombiana de Entomología 2006; 32(1): 77-84.
Ecología	NATES-PARRA G, RODRÍGUEZ-C Á, VÉLEZ ED. Abejas sin aguijón (Hymenoptera: Apidae: Meliponini) en cementerios de la Cordillera Oriental de Colombia. Acta Biológica Colombiana 2006; 11(1):25-35.
Ecología	NATES-PARRA G, VILLA A, VERGARA C. Ciclo de desarrollo de *Trigona (Tetragonisca) angustula* Lat. 1811 (Hymenoptera: Trigonini). Acta Biológica Colombiana. 1989; 1(5): 91-98.
Ecología	NATES-PARRA G. Abejas corbiculadas de Colombia (Hymenoptera:Apidae). Sección de Publicaciones, Unibiblos Ed. Universidad Nacional de Colombia; Bogotá. 2005.
Ecología	NÚÑEZ LA. Patrones de asociación entre insectos polinizadores y palmas silvestres en Colombia con énfasis en palmas de importancia económica. Tesis de doctorado. Instituto de Ciencias Naturales; Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá; 2014; 348p.
Ecología	NÚÑEZ LA, ISAZA C, GALEANO G. Ecología de la polinización de tres especies de *Oenocarpus* (Arecaceae) simpátricas en la Amazonia Colombiana. Int. J. Trop.Biol. 2015; 63(1): 35-55
Ecología	OSPINA-TORRES R, MONTOYA-PFEIFFER PM, PARRA-H A, SOLARTE V, OTERO JT. (2015). Interaction networks and the use of floral resources by male orchid bees (Apidae: Euglossini) in a primary rain forest from the biogeographic Chocó Region (Colombia). Rev Biol Trop. 2015; 63(3): 647-658.
Ecología	OTERO JT, RESTREPO C. Distribución de machos euglosinos a lo largo de un gradiente de intervención humana (Hymenoptera: Apidae). III Encuentro IUSSI Bolivariana, Bogotá, Colombia.1999.
Ecología	OTERO JT, SANDINO JC. Capture rates of male Euglossine bees across a human intervention gradient, Chocó region, Colombia. Biotropica. 2003; 35 (4): 520-529 pp.
Ecología	OTERO JT. Aportes al conocimiento de la biología de *Euglossa nigropilosa* (Euglossinae: Apidae). [Trabajo de Grado]. Biología, Universidad del Valle, Cali, Colombia.1996.

TEMA	REFERENCIA
Ecología	OTERO JT. Biología de *Euglossa nigropilosa* Moure (Apidae: Euglossinae) I: Características de nidificación en la reserva natural La Planada. Boletín del Museo de Entomología de la Universidad del Valle. 1996; 4(1): 1-19.
Ecología	PACATEQUE J, RIAÑO D, AGUILAR ML, CURE JR. Behavior foraging of *Bombus atratus* (Hymenoptera: Apidae) in sweet pepper crop (Capsicum annum var. Robledo) in greeenhouses. X Encontro sobre Abelhas. Ribeirao Preto, Sao Paulo, Brasil. 2012; p. 239.
Ecología	PALACIOS E. Estructura de la comunidad de abejas sin aguijón en tres unidades de paisaje del piedemonte llanero colombiano (Meta, Colombia). [Trabajo de Grado]. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá. 2004.
Ecología	PARRA G. 1990. Bionomía de las abejas sin aguijón (Meliponinae-Apidae) del Occidente Colombiano. Cespedesia. (57/58): 77-116.
Ecología	PARRA-H A. Mecanismos de adaptação e ecologia evolutiva das abelhas das orquídeas (Hymenoptera: Apidae: Euglossini). (Tesis Doctorado). Faculdade de Filosofia Ciências e Letras de Ribeirão Preto. Universidade de São Paulo. Ribeirão Preto. SP. Brasil. 2014. 95 pp.
Ecología	PARRA-H A, NATES-PARRA G La arquitectura de nidos de *Euglossa* (*Euglossa*) *hemichlora* (Hymenoptera: Apidae: Euglossini). Revista Colombiana de Entomología. 2009; 35(2):283-285.
Ecología	PARRA-H A, NATES-PARRA G. First record of *Eufriesea bare* González & Gaiani and notes on the distribution of three species of orchid bees pertaining to the genus *Euglossa* Latreille (Apidae: Euglossini) in Colombia. Revista Acad. Colomb. Ci. Exact. 2007; 31(120): 415–426.
Ecología	PARRA-H A, NATES-PARRA G. The ecological basis for biogeographic classification: An example in orchid bees (Apidae: Euglossini). Neotropical Entomology. 2012; 41(6): 442-449.
Ecología	PARRA-H A, NATES-PARRA G. Variación de la comunidad de abejas de las orquídeas (Hymenoptera: Apidae) en tres ambientes perturbados del piedemonte llanero colombiano. Revista de Biología Tropical. 2007; 55 (3-4): 931-941.
Ecología	PARRA-H A. Biogeografía de las Abejas de las Orquídeas (Hymenoptera: Apidae: Euglossini) en Colombia. [Trabajo de Grado]. Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. Colombia. 2007.
Ecología	PARRA-H A., NATES-PARRA G. La arquitectura de nidos de *Euglossa (Euglossa) hemichlora* (Hymenoptera: Apidae: Euglossini). Revista Colombiana de Entomología. 2009; 35(2): 283-285.
Ecología	PINILLA CE, AGUILAR ML, COMBITA JO. Ácaros (Acari) presentes en colonias de *Bombus atratus* Franklin (Hymenoptera: Apidae" VIII Congreso Latinoamericano de Entomología - XLVIII Congreso Nacional de la SME. México, 2013; 12:112-116.
Ecología	PINILLA MS, AGUILAR ML, CURE JR. Effect of the environment on the longevity and number of workers of *Bombus atratus* colonies. X Encontro sobre Abelhas. Ribeirao Preto, Brasil. 2012.
Ecología	PINILLA MS, AGUILAR ML, CURE JR. Relación del tamaño de las obreras y la distribución de labores en colonias de *Bombus atratus* (Hymenoptera:Apidae). Revista Facultad de Ciencias Básicas. 2012; 8(1): 34-41.
Ecología	PINILLA MS, NIETO V, NATES-PARRA G. Recurso polínico y ciclo estacional de *Thygater aethiops* (Hymenoptera: Apidae) en un ambiente urbano (Bogotá-Colombia). Aceptado Rev. Biol. Trop.2016; 64(3).

TEMA	REFERENCIA
Ecología	PINILLA-GALLEGO MS, G NATES-PARRA. Diversidad de visitantes y aproximación al uso de nidos trampa para *Xylocopa* (Hymenoptera: Apidae) en una zona productora de pasifloras en Colombia. Actual Biol. 37(103):143-153. DOI: 10.17533/udea.acbi.v37n103a03
Ecología	QUIJANO C, PARRA A, NATES-PARRA G. Observaciones preliminares de la estructura y arquitectura de los nidos de *Thygater aethiops* mediante el uso de moldes de parafina. I Encuentro Colombiano Sobre Abejas Silvestres, Bogotá, Colombia. 2002.
Ecología	RAMÍREZ S. Las abejas constructoras y las áreas despejadas (senderos) en el abejorro Amazónico, *Bombus (Fervidobombus) trasnversalis* (Hymenoptera: Apidae). [Trabajo de Grado]. Universidad de Los Andes. 2001.
Ecología	RIVEROS AJ, HERNÁNDEZ EJ, NATES-PARRA G. Morphological constraints and nectar robbing in three Andean bumble bee species (Hymenoptera, Apidae, Bombini). Caldasia. 2006; 28 (1):111-114.
Ecología	ROUBIK DW. Abejas de orquídeas de la América tropical : biología y guía de campo = Orchid bees of tropical America : biology and field guide. Santo Domingo de Heredia, CR : Instituto Nacional de Biodiversidad, INBio, 2004.
Ecología	RUBIO, D. Biología de nidación de *Bombus hortulanus*. [Trabajo de Grado]. Facultad de Ciencias. Universidad Militar Nueva Granada.2003.
Ecología	RUBIO D. Disponibilidad, uso y preferencia por los recursos florales en una comunidad de abejorros (Hymenoptera: Apidae: *Bombus*) en el páramo de Chingaza. (Tesis de Maestría). Departamento de Biología. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional de Colombia, 2012; 70 pp.
Ecología	SANDINO JC. Are there any agricultural effects on the capture rates of male euglossine bees (Apidae: Euglossini)? Revista de Biología Tropical. 2004; 52(1): 115-118.
Ecología	TORRES A, HOFFMANN W, LAMPRECHT I. Thermal investigations of a nest of the stingless bee *Trigona* (*Frieseomelitta*) *nigra paupera* Provancher in Colombia. Journal of Thermal Analysis and Calorimetry. 2009; 95 (3): 737-741.
Ecología	VÁSQUEZ LENIS EA, PANTOJA SANTACRUZ J, GARCÍA HERNÁNDEZ AL. Reporte de la apifauna asociada al campus de la Universidad del Quindío, Armenia (Colombia). X Coloquio de la Sección del Norte Suramericano de la Unión Internacional para el Estudio de los Insectos Sociales IUSSI, Bogotá, 2015:65
Ecología	VEGA L, HOFFMANN W, TORRES A. Estructura del nido y comportamiento de forrajeo de *Bombus excellens* (Hymenoptera: Apidae). Memorias IX Coloquio de Insectos Sociales IUSSI Sección Bolivariana. 2013; p 47.
Ecología	VÉLEZ ED, PULIDO-BARRIOS H. Observaciones sobre la estratificación vertical de abejas euglosinas (Apidae: Euglossini) en un Bosque ripario de la Orinoquía Colombiana. Caldasia. 2005; 27(2): 267-270.
Ecología	VÉLEZ ED. Técnica para marcaje de abejas. Revista Colombiana de Entomología. 2005; 31(2):235-236.
Ecología	VELEZ R, GONZÁLEZ VH, ENGEL MS. Observations on the urban ecology of the neotropical stingless bee *Tetragonisca angustula* (Hymenoptera: Apidae: Meliponini). *Journal of Melittology*. 2013; 15: 1-8.
Ecología	VERGARA C, VILLA A, NATES-PARRA G. Nidificación de meliponinos en la región central de Colombia. *Revista de Biología Tropical*. 1987; 34(2): 181-184
Ecología	VERGARA C, VILLA A. Algunos aspectos de la biología y comportamiento de *Trigona (Tetragonisca) angustula* Latreille 1811 (Hymenoptera:Apidae). [Trabajo de Grado] Biología, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. 1981

TEMA	REFERENCIA
Ecología	WCISLO WT, GONZÁLEZ VH, ENGEL MS. Nesting and social behavior of wood-dwelling neotropical bees, *Augochlora isthmii* (Schwarz) and *Augochlora alexanderi* (Hymenoptera: Halictidae). *Journal of the Kansas Entomological Society*. 2003; 76(4): 588–602.
Ecología	WELLS H, AMAYA-MARQUEZ M. Complejidad social y aprendizaje de tareas de forrajeo en abejas. Caldasia. 2008; 30(2):469-477.
Etnobiología	ACUÑA C. Nuevo descubrimiento del gran rio Amazonas, en el año de 1639. En: Informes de Jesuitas en las Amazonas. 1600-1684. IIAP-CETA. Iquitos, 1986; p 25-107.
Etnobiología	CABRERA-BECERRA G, NATES-PARRA G. Uso de las abejas por comunidades indígenas: Los Nukak y las abejas sin aguijón. Memorias Tercera Reunión de la IUSSI Bolivariana: Bogotá, Colombia. 1999. p 59-70.
Etnobiología	CASTELLANOS, JD. Elegías de varones ilustres de Indias. In: M. Rivadeneira Imprenta y Estereotipia de Salón del Prado, 8. Madrid Segunda Edición; 1852; 254-255.
Etnobiología	ESTRADA WG. Conocimiento siriano y bará sobre las abejas nativas: Comunidad Bogotá Cachivera; Mitú, Vaupés. Mitú: SENA-Tropenbos; 2012. 62 p.
Etnobiología	FALCHETI AM, NATES-PARRA G. Las hijas del sol: Las abejas sin aguijón en el mundo Uwa, Sierra Nevada del Cocuy, Colombia. En: Ulloa A, editor. Rostros culturales de la Fauna. Bogotá: Instituto Colombiano de antropología e historia y Fundación natura. 2002; p 75-214.
Etnobiología	GÓMEZ E. Reconocimiento de las abejas silvestres y su importancia ecológica: una estrategia educativa para la conservación del bosque alto andino (La capilla, Boyacá) [Tesis de pregrado]. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional. 2012.
Etnobiología	GUMILLA J. El Orinoco ilustrado. Historia natural, civil y geográfica de este gran río. Biblioteca Popular de Cultura Colombiana. 1741. p.334.
Etnobiología	JARA F. La miel y el aguijón. Taxonomía zoológica y etnobiología como elementos en la definición de género en los andoque, Amazonia colombiana. J Soc Am 1996; 82: 209-58 pp.
Etnobiología	MONTAÑA L. Mitos, leyendas, tradiciones y folclor del Lago de Tota. Tunja: Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. 1970.
Etnobiología	PATIÑO VM. Historia de la cultura material en la América equinoccial. Tomo V, Tecnología. Bogotá: Instituto Caro y Cuervo. 1992. Disponible en: http://www.banrepcultural.org/blaavirtual/historia/equinoccial_5_recursos-industria/inicio.htm
Etnobiología	ROSSO-LONDOÑO JM, ESTRADA WG. In the land of the river-mirrors: dialogues about "bee-cultural" diversity. Langscape. 2015; 4:23-28.
Etnobiología	ROSSO JM, ESTRADA W, REINOSO N. Aproximación al conocimiento tradicional indígena sobre las abejas sin aguijón en el departamento del Vaupés, Colombia. In: Nates Parra G, Montoya P, Chamorro F (eds.). IV Encuentro Colombiano sobre Abejas Silvestres. Memórias. Bogotá: Laboratorio de Investigaciones en Abejas LABUN. Universidad Nacional de Colombia. 2008.
Etnobiología	SAMPER-PIZANO D. Antología de grandes crónicas colombianas: 1529-1948. Ed. Aguilar. 2003. p. 442.
Etnobiología	SIMÓN FP. Noticias historiales de las conquistas de Tierra Firme en las Indias Occidentales. Tomo IV. III Parte. Bogotá Casa Editorial de Medardo Rivas. 1892. p.410.

TEMA	REFERENCIA
Genética	LÓPEZ-URIBE MM, DEL LAMA MA. Molecular identification of species of the genus Euglossa Latreille (Hymenoptera: Apidae, Euglossini). Neotrop Entomol. 2007; 36(5): 712-720.
Genética	LÓPEZ-URIBE MM, ALMANZA MT, ORDOÑEZ M. Diploid male frequencies in Colombian populations of euglossine bees. Biotropica, 2007; 39(5): 660-662.
Genética	TELLO JE, ÁVILA O, VARGAS GA, MAYORQUÍN CA, PARRADO MF. Mejoramiento genético de abejas *Apis mellifera* africanizadas en Colombia. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá 2012
Genética	MONTES RC, VALLEJO FA, BAENA DG. Diversidad genética de germoplasma colombiano de zapallo (*Cucurbita moschata* Dúchesne Exp. Prior). Acta Agron. 2004; 53(3): 43- 50.
Meliponicultura	CURREA S. Implementación de un nuevo meliponario en las instalaciones de la hacienda agroecológica El Paraíso, Cimitarra, Santander [Trabajo de Grado]. Bogotá: Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia; 2015. 55 p.
Meliponicultura	MAHECHA O. Abejas sin aguijón: una alternativa para el pequeño productor. Bogotá. [Trabajo de Grado]. Facultad de Zootecnia y Veterinaria. Universidad Nacional de Colombia. 2001.
Meliponicultura	NATES-PARRA G, LUGO JS, ROSSO JM, CEPEDA M. La Meliponicultura en Colombia: Diagnóstico de una actividad lúdica y productiva. Memorias IV Encuentro Colombiano sobre Abejas Silvestres. Laboratorio de Investigación en Abejas LABUN, Universidad Nacional de Colombia, 2008; p. 71
Meliponicultura	NATES-PARRA G, ROSSO JM. Abejas sin aguijón y meliponicultura en áreas urbanas de Colombia. Memorias VI Encuentro Colombiano Sobre Abejas Silvestres. 2012.
Meliponicultura	NATES-PARRA G, ROSSO-LONDOÑO JM. Diversidad de abejas sin aguijón (Hymenoptera : Meliponini) usadas en Meliponicultura en Colombia. Acta biol Colomb. 2013;18(3):415-426.
Meliponicultura	NATES-PARRA G. Biodiversidad y Meliponicultura en el Piedemonte Llanero, Meta, Colombia. Memorias VII Encontro sobre abelhas. Ribeirao Preto, Brasil. 2006.
Meliponicultura	NATES-PARRA G. Guía para la cría y manejo de la abeja angelita o virginita (*Tetragonisca angustula* Illiger). Convenio Andrés Bello, Serie Ciencia y Tecnología No.84, 2001. 43 pp
Meliponicultura	ROSSO-LONDOÑO JM, NATES-PARRA G. Meliponicultura: una actividad generadora de ingresos y servicios ambientales. LEISA. 2005. En línea: http://www.agriculturesnetwork.org/magazines/latin-america/3-animales-menores-un-gran-valor/meliponicultura-una-actividad-generadora-de. Consultado 25 de mayo de 2011.
Meliponicultura	ROSSO JM, PARRA A, BERNAL L, ESTRADA W, LAVAO J, JARAMILLO G, ARCOS-DORADO A. La meliponicultura como alternativa económica y ambiental respetuosa de la cultura: una experiencia en el departamento del Vaupés, Colombia. IV Encuentro Colombiano sobre Abejas Silvestres. Memorias. Laboratorio de Investigaciones en Abejas LABUN. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. 2008; p 61
Meliponicultura	ROSSO JM. Diagnóstico para el aprovechamiento y manejo de abejas silvestres en agroecosistemas andinos en el Valle del Cauca. [Trabajo de Grado]. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 2003.

TEMA	REFERENCIA
Meliponicultura	ROSSO-LONDOÑO JM. Insetos, meliponicultura e diversidade biocultural. (Tese de doutorado). Ribeirão Preto: Faculdade de Filosofia, Ciências y Letras, Universidade de São Paulo; 2013. 168 p.
Meliponicultura	ROSSO-LONDOÑO JM, ESTRADA WG. In the land of the river-mirrors: dialogue about "bee-cultural" diversity. Langscape. 2015; 4:23-28.
Meliponicultura	TALERO CA, CASTRO A, VARGAS G, CASTAÑEDA P, PACHÓN M. Propuestas de investigación con abejas nativas sin aguijón de la Universidad de Cundinamarca, Sede Fusagasugá. Memorias VI Encuentro Colombiano Sobre Abejas Silvestres. 2012.
Melisopalinología y caracterización de productos	BOGOTÁ RG, RANGEL-CH JO, JIMÉNEZ LC. Análisis palinológico de mieles de tres localidades de la Sabana de Bogotá. Caldasia. 2001;23(2):455-465.
Melisopalinología y caracterización de productos	CORRAL B. Análisis polínico en muestras de miel de abejas en algunas regiones del departamento de Antioquia. Actualidades Biológicas, 1984;13(49):56-66
Melisopalinología y caracterización de productos	CHAMORRO FJ, BONILLA D, NATES-PARRA G. El polen apícola como producto forestal no maderable en la Cordillera oriental de Colombia. Colomb For. 2013a;16(1):53-66.
Melisopalinología y caracterización de productos	GAMBOA MV. Estudio e identificación de características de composición y bioactividad propias de miel de mielato de *Apis mellifera* (Tesis de Maestría). Bogotá: Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia; 2014. 187 p.
Melisopalinología y caracterización de productos	LEÓN D, NATES-PARRA G. ¿Es posible determinar el origen botánico del polen con base en el color de las cargas corbiculares de las abejas? Memorias VI Encuentro Colombiano Sobre Abejas Silvestres. 2012.
Melisopalinología y caracterización de productos	MONTOYA PM. Uso de recursos florales poliníferos por *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) en apiarios de la Sabana de Bogotá y alrededores (Tesis de Maestría). Bogotá: Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia; 2011. 66 p.
Melisopalinología y caracterización de productos	MONTOYA PM, NATES-PARRA G. Origen botánico de miel de *Apis mellifera* (L.) en regiones cafeteras de la Sierra Nevada de Santa Marta. Memorias VI Encuentro Colombiano Sobre Abejas Silvestres. 2012.
Melisopalinología y caracterización de productos	MORENO E, DEVIA W. Estudio del origen botánico del polen y la miel almacenados por las abejas *A. mellifera, M. eburnea* y *T. angustula* en Arbelaez (Cundinamarca). [Trabajo de Grado]. Biología, Facultad de Ciencias, Bogotá Universidad Nacional de Colombia. 1982.
Melisopalinología y caracterización de productos	OBREGÓN D, RODRÍGUEZ-C A, CHAMORRO F, NATES-PARRA G. Origen botánico de mieles de *Tetragonisca angustula* en Colombia. 2012; Memorias VI Encuentro Colombiano Sobre Abejas Silvestres. 2012.
Melisopalinología y caracterización de productos	OBREGÓN D. Origen botánico de la miel y el polen provenientes de nidos de Melipona eburnea Friese, 1900 y Tetragonisca angustula (Latreille, 1811), (Apidae: Meliponini) para estimar su potencial polinizador.Tesis de Maestría. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de Colombia. 2011.
Melisopalinología y caracterización de productos	OBREGÓN D, RODRÍGUEZ A, CHAMORRO F, NATES-PARRA G. Botanical origin of pot-honey from *Tetragonisca angustula* Latreille in Colombia: 337-346. En P. Vit et al. (eds.), Pot-honey: A legacy of stingless bees, 654 p. DOI 10.1007/978-1-4614-4960-7_23, © Springer Science+Business Media New York 2013.

TEMA	REFERENCIA
Melisopalinología y caracterización de productos	OSORIO V, TRIANA MA, SANCHEZ A, FIGUEROA J. Capacidad antibacteriana presente en propóleos de tres especies de abejas nativas de Colombia. Memorias VI Encuentro Colombiano Sobre Abejas Silvestres. 2012.
Melisopalinología y caracterización de productos	PADILLA S, DA SILVA CI, CURE JR. 2013. Técnicas de palinología como herramienta para el estudio de recursos florales utilizados por *Bombus atratus (Hymenoptera: Apidae)*. XLVIII Congreso Nacional de Ciencias Biológicas. Octubre 2013. Universidad del Bosque
Melisopalinología y caracterización de productos	ZULUAGA C. ASCENCIO D. FUENMAYOR C. DÍAZ C. QUICAZÁN M. Bioactive physical- chemical and quality characteristics of propolis from Colombia. En memorias del VIII Congreso mesoamericano de abejas nativas. p 128-139.
Polinización, Relación Abeja-Planta	AGUILAR C, SMITH-PARDO A. Abejas Visitantes de *Mimosa pigra* L. (Mimosaceae): Comportamiento de Pecoreo y Cargas Polínicas Acta biol. Colomb., 2009; Vol. 14 (1): 107 – 118
Polinización, Relación Abeja-Planta	AGUILAR CI, SMITH-PARDO AH. Abejas visitantes de *Aspilia tenella* (Kunth) S. F. Blake (Asteraceae): comportamiento de forrajeo y cargas polínicas. Revista de la Facultad Nacional de Agronomía de Medellín. 2008; 61 (2): 4576-4587.
Polinización, Relación Abeja-Planta	AGUILAR ML, CANTOR F, CURE JR, RODRÍGUEZ D, PÉREZ D, BAJONERO J, RIAÑO D. Integración de conocimientos y tecnologías de polinización y control biológico. Universidad Militar Nueva Granada 2010. p 978-958.
Polinización, Relación Abeja-Planta	ALARCÓN-JIMÉNEZ D. Estudio del comportamiento de abejas sobre flores de *Turnera subulata* (Magnoliopsida: Turneraceae) en la Reserva Natural El Paujil, Puerto Boyaca – Colombia. Resumenes .V Encuentro Colombiano sobre abejas silvestres y III Congreso Colombiano de Zoología. Medellín, Colombia. 2010; p 257.
Polinización, Relación Abeja-Planta	ALDANA J, CURE JR, ALMANZA MT, VECIL D, RODRÍGUEZ D. Efecto de *Bombus atratus* (Hymenoptera: Apidae) sobre la productividad de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) bajo invernadero en la Sabana de Bogotá, Colombia. Agronomía Colombiana, 2007; 25 (1): 62–72.
Polinización, Relación Abeja-Planta	ALMANZA MT, CURE JR, AGUILAR M, ÁLVAREZ C, RUBIO D, ROJAS D, VECIL D, ALDANA J. Case studies on conservation of pollination services as a component of agricultural biological diversity. Native Bumblebees rearing for pollination of crops in the highlands of Colombia. 2009. Versión electrónica en la URL: http://www.internationalpollinatorsinitiative.org/uploads/6-016.pdf.
Polinización, Relación Abeja-Planta	ALMANZA MT, CURE JR, AGUILAR M, ALVAREZ C, VECIL D, ROJAS DL, ALDANA J, DÍAZ L, FUENTES L. Cría en cautiverio de colonias de *Bombus atratus* (Hymenoptera: Apidae) y su actividad polinizadora en tomate bajo invernadero. Resúmenes XXX Congreso Sociedad Colombiana de Entomología, Cali. pp. 57-58. 2003.
Polinización, Relación Abeja-Planta	ALMANZA MT, ROJAS DL, CURE JR, WITTMANN D. Modeling colony dynamics of *Bombus atratus*: factors affecting pollination management of Lulo *Solanum quitoense*. Anais do encontro sobre Abelhas, 2006.
Polinización, Relación Abeja-Planta	ALMANZA MT**.** Management of *Bombus atratus* bumblebees to pollinate lulo (*Solanum quitoense* L), a native fruit from the Andes of Colombia. Ecology and Development Series. 2007; No. 50: 121p.
Polinización, Relación Abeja-Planta	ÁLVAREZ C, BERNAL S, CURE JR. Diferencias alimenticias de tres especies de abejorros nativos (trabajo de iniciación científica). Revista Facultad de Ciencias Básicas. 2005. 1 (1): 64-65.

TEMA	REFERENCIA
Polinización, Relación Abeja-Planta	AMAYA-MÁRQUEZ M. Floral constancy in bees: a revision of theories and a comparison with other pollinators. Rev Colomb Entomol. 2009; 35(2): 206-216.
Polinización, Relación Abeja-Planta	ÁNGEL C, NATES-PARRA G, OSPINA R, MELO D, AMAYA M. Biología floral y reproductiva de la gulupa *Passiflora edulis* Sims f. *edulis*. Caldasia. 2013; 33(2):413-431.
Polinización, Relación Abeja-Planta	ARDILA J, TORRES G, ALMANZA MT, AGUILAR ML, CURE JR. Evaluación de la actividad forrajera de *Bombus atratus* (Hymenoptera: Apidae) y su efecto como polinizador en un cultivo de tomate bajo invernadero en Villa de Leyva (Boyacá, Colombia). Memorias Tercer congreso colombiano de horticultura. 2009; p 92.
Polinización, Relación Abeja-Planta	ARIAS JC, OCAMPO J, URREA R. La polinización natural en el maracuyá (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Degener) como un servicio reproductivo y ecosistémico. Agronomía Mesoamericana 2014; 25(1):73-83.
Polinización, Relación Abeja-Planta	BAQUERO P, VÉLEZ D, RODRÍGUEZ-C A, PARRA A, QUIJANO C, MORA J, NATES-PARRA G. 2003. Observaciones preliminares de los aspectos de forrajeo y nidificación en *Thygater aethiops* Smith (Hymenoptera:Apidae) en el área urbana de Bogotá. En: XX Congreso Sociedad Colombiana de Entomología.. Cali, Colombia. Impresora Feriva. 10 pp.
Polinización, Relación Abeja-Planta	BARRIENTOS EM, SMITH-PARDO A, MORALES G. Abejas (Hymenoptera: Apoidea: Anthophila) visitantes de papa (*Solanum tuberosum*) en tres agroecosistemas de los departamentos de Cundinamarca y Boyacá, Colombia. Memorias VI Encuentro Colombiano Sobre Abejas Silvestres. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá 2012. p.37
Polinización, Relación Abeja-Planta	BARRIENTOS EM, SMITH-PARDO A, MORALES G. Comportamiento vibratorial en abejas (Hymenoptera: Apoidea: Anthophila) visitantes de flores de papa (*Solanum tuberosum*). Memorias VI Encuentro Colombiano Sobre Abejas Silvestres. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, 2012. p.61
Polinización, Relación Abeja-Planta	BARRIENTOS EM. Abejas visitantes de papa (*Solanum tuberosum* L.), en tres Agroecosistemas de los departamentos de Cundinamarca y Boyacá, Colombia [Tesis de Maestría].Ciencias-Entomologìa, Universidad Nacional de Colombia, Medellín; 2012. pp. 98.
Polinización, Relación Abeja-Planta	BERNAL S. Oferta floral de cuatro híbridos de tomate bajo invernadero y efecto de la polinización con *Bombus atratus* en dos de ellos (Hymeoptera: Apidae). Tesis de Grado. Facultad de Ciencias Básicas y Aplicadas. Universidad Militar Nueva Granada. 2007.
Polinización, Relación Abeja-Planta	BERNAL R, ERVIK F. Floral biology and pollination of the Dioecious palm *Phytelephas seemannii* in Colombia: An adaptation to Staphylinid beetles. Biotropica. 1996; 28(4): 682-696.
Polinización, Relación Abeja-Planta	BOTERO-G N, MORALES-S G. Flower visitation patterns of *Apis mellifera* on the Andean blackberry. Rev Colomb Entomol. 1995;21(3):153-157.
Polinización, Relación Abeja-Planta	BOTERO-G N, MORALES-S G. Producción del manzano (*Malus* sp. cv Anna) en el oriente antioqueño con la abeja melífera, *Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae). Rev Fac Nal Agr Medellín. 2000;53(1):849-862.
Polinización, Relación Abeja-Planta	CADAVID M. Biología reproductiva de Miconia serrulata en la Amazonia colombiana Trabajo de Grado. Universidad de Los Andes. 2004.
Polinización, Relación Abeja-Planta	CAICEDO G, VARGAS H, GAVIRIA J. Evaluación de *Xylocopa* spp. (Hymenoptera: Anthophoridae) como polinizadores en el cultivo del maracuyá (*Passiflora edulis* var. *flavicarpa* Degener). Rev Colom Entomol. 1993b;19(3):107-110.

TEMA	REFERENCIA
Polinización, Relación Abeja-Planta	CALDERON- ACERO LV, NATES-PARRA G. Visitantes y potenciales polinizadores de chamba *Campomanesia lineatifolia* (Myrtaceae) en la provincia de Lengupá, Boyacá, Colombia. En memorias del VIII Congreso mesoamericano de abejas nativas. 2013; p 72-79.
Polinización, Relación Abeja-Planta	CALDERÓN L, RODRÍGUEZ-C A, NATES-PARRA G. Visitantes florales y posibles polinizadores de champa, *Campomanesia lineatifolia* Ruiz & Pav. (Myrtaceae) en cuatro localidades de la provincia de Lengupá, Boyacá. Memorias VI Encuentro Colombiano Sobre Abejas Silvestres. 2012.
Polinización, Relación Abeja-Planta	CALLE Z, GUARIGUATA M, GIRALDO E, CHARA JD. La producción de maracuyá (*Passiflora edulis*) en Colombia: perspectivas para la conservación del hábitat a través del servicio de polinización. Interciencia. 2010; 35(3):207 – 212.
Polinización, Relación Abeja-Planta	CAMELO L, DÍAZ L, CURE JR, ALMANZA MT. Morfología floral de la uchuva y comportamiento de visitas de la especie de abejorros *Bombus atratus* (Hymenoptera: Apidae) bajo invernadero. En Memorias del XXXI Congreso de la Sociedad Colombiana de Entomología SOCOLEN. Bogotá. 2004.
Polinización, Relación Abeja-Planta	CARDONA J, ARANGO CI. Inventario de la fauna apoidea (Insecta: Hymenoptera) del Valle de Aburrá y sus relaciones con la flora. [Trabajo de Grado]. Universidad de Antioquia. Medellín. 1983.
Polinización, Relación Abeja-Planta	CARDONA N, ORTEGA O. Diversidad de abejas Silvestres Asociadas a cultivos de Café *Coffea Arabica* (Magnoliopsida: Rubiaceae) en Ciudad Bolívar, Antioquia. V Encuentro Colombiano sobre abejas silvestres y III Congreso Colombiano de Zoología, 2010; p 258.
Polinización, Relación Abeja-Planta	CASTAÑEDA S, VÁSQUEZ R, BALLESTEROS H. Efecto de la polinización dirigida con abejas *Apis mellifera* sobre la cantidad y calidad del fruto en cultivo de naranja *Citrus sinensis*. Vitae. 2012;19(1):S66-S68.
Polinización, Relación Abeja-Planta	CARREÑO J, WILCHEZ N, NÚÑEZ LA. Polinización de *Passiflora foetida* y *Passiflora bicornis* (PASSIFLORACEAE) por *Xylocopa fimbriata* y *Xylocopa frontalis* en Casanare-Colombia. Acta biológica Colombiana. 2009. 14 (2) 187.
Polinización, Relación Abeja-Planta	CASTRO LF. Diversidad de abejas asociadas a tres diferentes Sistemas de Manejo del Cultivo de Café en el municipio de Venecia, Antioquia. V Encuentro Colombiano sobre abejas silvestres y III Congreso Colombiano de Zoología, Medellín, Colombia. 2010; p 259.
Polinización, Relación Abeja-Planta	CEPEDA-VALENCIA J, GÓMEZ D, NICHOLLS C. La estructura importa: abejas visitantes del café y estructura agroecológica principal (EAP) en cafetales. Rev Colomb Entomol, 2014;40(2):241-250.
Polinización, Relación Abeja-Planta	CHAMORRO FJ Influencia de la polinización por abejas sobre la producción y características de frutos y semillas de *Vaccinium meridionale* Sw. (Ericaceae) en los Andes Orientales de Colombia. Tesis de Maestría. Universidad Nacional de Colombia. 2014. 71 p.
Polinización, Relación Abeja-Planta	CHAMORRO FJ, NATES-PARRA G. Floral and reproductive biology of *Vaccinium meridionale* (Ericaceae) in the Eastern Andes of Colombia. International Journal of Tropical Biology and Conservation, 2015;63(4):1197-1212
Polinización, Relación Abeja-Planta	CHAMORRO F, MONTOYA P, NATES-PARRA G, GARCÍA JL. Polen de plantas anemófilas recolectado por abejas en Colombia. Memorias VI Encuentro Colombiano Sobre Abejas Silvestres. 2012.
Polinización, Relación Abeja-Planta	CHAMORRO F, NATES-PARRA G, KONDO T. Mielato de *Stigmacoccus asper* (Hemiptera: Stigmacoccidae): recurso melífero de bosques de roble en Colombia. Revista Colombiana de Entomología. 2013; 39(1):161-70.

TEMA	REFERENCIA
Polinización, Relación Abeja-Planta	CHAMORRO FJ, PINILLA MS, NATES-PARRA G. Importancia de las castas de *Bombus hortulanus* en la polinización del frutal silvestre *Vaccinium meridionale* (resumen). En: Libro de Resúmenes X Coloquio de la Sección del Norte Suramericano de la Unión Internacional para el Estudio de los Insectos Sociales IUSSI; 2015. p. 74.
Polinización, Relación Abeja-Planta	CHAUTÁ-MELLIZO A, POVEDA K,BONILLA A, THALER J. La polinización animal aumenta la calidad de los frutos de uchuva *Physalis peruviana* L. (Magnoliopsida: Solanaceae) Resumenes V Encuentro Colombiano sobre abejas silvestres y III Congreso Colombiano de Zoología. 2010; p 259.
Polinización, Relación Abeja-Planta	CHAVARRO N. Determinación de características reproductivas del lulo (*Solanum quitoense*) y efecto de la polinización con *Bombus atratus* (Hymenoptera: Apidae) sobre la producción. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias Básicas. Universidad Militar Nueva Granada. 2007.
Polinización, Relación Abeja-Planta	CHAVES A. Aspectos de la biología reproductiva de una población de *Wigginsia vorwerckiana* (Cactaceae) [Trabajo de Grado]. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia. 2000.
Polinización, Relación Abeja-Planta	CRUZ O. Determinación de las diferencias de las dietas de tres especies de abejorros del género *Bombus* en sus ambientes naturales mediante análisis palinológico. [Trabajo de Grado]. Facultad de Ciencias. Universidad Militar Nueva Granada. 2006.
Polinización, Relación Abeja-Planta	CRUZ P, CURE JR, ALMANZA MT, ESCOBAR A. Descripción del desarrollo de una colonia polinizadora de *Bombus atratus*. Resúmenes XXXV Congreso Sociedad Colombiana de Entomología SOCOLEN. 2008; p.55.
Polinización, Relación Abeja-Planta	CRUZ-SUAREZ P, CURE JR. Oferta de polen a lo largo del ciclo de producción del tomate (*Lycopersicum esculentum*) variedad durinta, en la sabana de Bogotá bajo condiciones de invernadero (trabajo de iniciación científica). Revista Facultad de Ciencias (Universidad Militar Nueva Granada). 2005; 1: 56-58.
Polinización, Relación Abeja-Planta	CUERVO M, BONILLA A. Estructura morfológica de la comunidad de abejorros (Hymenoptera:Apidae: *Bombus*) del Parque Nacional Natural chingaza (Cundinamarca). Resumen Primer Encuentro Colombiano sobre abejas silvestres2002; 52-53.
Polinización, Relación Abeja-Planta	CUERVO MA. Mecanismos de coexistencia de la comunidad de abejorros (Hymenoptera: Apidae: Bombus) del Parque Nacional Natural Chingaza (Cundinamarca). [Trabajo de Grado]. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Departamento de Biología. 2002.
Polinización, Relación Abeja-Planta	DEVIA CM, RICO HH. Evaluación del efecto de la polinización con Abejas (*Apis mellifera*) en un cultivo comercial de Mora (*Rubus glaucus*) en el municipio de Silvania (Departamento de Cundinamarca). [Trabajo de Grado]. Departamento de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Cundinamarca. 2004.
Polinización, Relación Abeja-Planta	FAGUA C, GONZÁLEZ VH. Growth rates, reproductive phenology and pollination ecology of *Espeletia grandiflora* (Asteraceae), a giant Andean caulescent rosette. *Plant Biology.* 2007; 9: 127–135.
Polinización, Relación Abeja-Planta	FERNÁNDEZ D, ZAMBRANO G. Abejas silvestres como estrategia de monitoreo de restauración ecológica en tres veredas del corregimiento La Gallera (Tambo, Cauca), zona de amortiguación del Parque Nacional Matural Munchique (PNNM). Bol Cient Mus Hist Nat. 2011; 15 (1): 51 – 59.

TEMA	REFERENCIA
Polinización, Relación Abeja-Planta	FERNÁNDEZ D, ZAMBRANO G. Abejas Silvestres como estrategia de monitoreo de restauración ecológica en tres veredas, Zona de amortiguación del PNN Munchique, Cauca – Colombia. V Encuentro Colombiano sobre abejas silvestres y III Congreso Colombiano de Zoología, Medellín, Colombia. 2010; p 261.
Polinización, Relación Abeja-Planta	FERNÁNDEZ-ALONSO JL. Estudios en Labiatae VII – Hibridación en el género Salvia en Colombia y su interés horticultural. Caldasia. 2008; 30(1): 21-48.
Polinización, Relación Abeja-Planta	FINCE D, SEPÚLVEDA-CANO P. Flora apícola de la zona urbana de Santa Marta, D.TC.H. Memorias 40° Congreso de la Sociedad Colombiana de Entomología SOCOLEN. 2013.
Polinización, Relación Abeja-Planta	FRANCO Y, ALZATE F, PELÁEZ JM. Factores ambientales incidentes en la población de *Xylocopa* y su efecto en el cultivo de granadilla en tres veredas del municipio de Guarne (Colombia). Revista Universidad Católica de Oriente. 2007; 24: 73–86.
Polinización, Relación Abeja-Planta	GARCÍA P. Estudio preliminar de la flora apícola en el municipio de Iconozo, Tolima . [Trabajo de Grado] Licenciatura Ciencias de la Educación-Biología. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias. Departamento de Biología. Bogotá. 1985
Polinización, Relación Abeja-Planta	GIRALDO C, RODRÍGUEZ-C. A, CHAMORRO F, OBREGÓN D, MONTOYA P, RAMÍREZ N, SOLARTE V, NATES-PARRA G. Guía Ilustrada de Polen y Plantas Nativas Visitadas por Abejas: Cundinamarca, Boyacá, Santander, Sucre, Atlántico y Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia. Unibiblos, Universidad Nacional de Colombia; Bogotá, Colombia. 2011. p. 230
Polinización, Relación Abeja-Planta	GIRÓN, M. Melitopalinología. Recolección de polen y néctar por *Apis mellifera* en algunas especies de plantas silvestres y cultivadas del municipio de Salgar (Antioquia). Colciencias–Universidad del Quindío, Armenia. 1996.
Polinización, Relación Abeja-Planta	GIRÓN M. Biología floral de dos especies de pasifloras. En: Memorias I Congreso Internacional de Passifloras. Palmira, Colombia; 1990. p.89-95.
Polinización, Relación Abeja-Planta	GONZÁLEZ VH, MANTILLA B, PALACIOS E. Foraging activity of the solitary andean bee, *Anthophora walteri* (Hymenoptera: Apidae, Anthophorini). Revista Colombiana de Entomología. 2006; 32(1)73-76.
Polinización, Relación Abeja-Planta	GUICON Y, CARREÑO J, NÚÑEZ LA. Ecología de la polinización de *Syagrus orinocensis* (Liliopsida: Arecaceae) en la Orinoquia de Colombia: Un Caso de melitofilia en Palmas. Resúmenes V Encuentro Colombiano sobre abejas silvestres y III Congreso Colombiano de Zoología, Medellín, Colombia.2010.
Polinización, Relación Abeja-Planta	HENAO M, OSPINA R, NATES-PARRA G. Abejas visitantes y biología floral de la Cholupa: *Passiflora maliformis* L., en el Huila, Colombia. Memorias VI Encuentro Colombiano Sobre Abejas Silvestres. 2012.
Polinización, Relación Abeja-Planta	HENAO M. Biología Floral y Reproductiva de la Cholupa. *Passifloramaliformis* (Passifloraceae). [Trabajo de Grado]. Bogotá: Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia; 2014.
Polinización, Relación Abeja-Planta	JARAMILLO DA. Efecto de las abejas silvestres en la polinización del café (*Coffea arabica*: Rubiaceae) en tres sistemas de producción en el departamento de Antioquia. [Tesis de Maestría]. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias. Medellín. 2012; 82 p.
Polinización, Relación Abeja-Planta	JARAMILLO J, CALDERÓN-ACERO L. NATES- PARRA G. Diversidad del género *Nannotrigona* sp. (Hymenoptera: Apidae: Meliponini) y sus recursos tróficos en Colombia. Memorias VI Encuentro Colombiano sobre Abejas Silvestres. 2012.

TEMA	REFERENCIA
Polinización, Relación Abeja-Planta	JARAMILLO-SILVA JC, OSPINA-TORRES R, NATES-PARRA G. Visitantes y polinizadores de cultivos promisorios: curuba (*Passiflora tripartita var. mollissima*) (Holm-Nielsen y Jørgensen) (1988). Informe final de Joven Investigador Colciencias (2012-2013). 2014. 33 p.
Polinización, Relación Abeja-Planta	LEÓN-RUIZ Y, MORENO-SEPÚLVEDA JC. Evaluación del efecto de la polinización dirigida a cultivos de Naranja (*Citrus sinensis*) "Valencia" y "Ombligona" con el uso de la Abeja *Apis mellifera* en el municipio de Sasaima, Cundinamarca. Universidad de la Salle, Facultad de Zootecnia. Bogotá, Colombia. 2006.
Polinización, Relación Abeja-Planta	LOBATÓN JD, CURE JR, ALMANZA MT. Fenología y oferta floral de trébol rojo *Trifolium pretense* (Fabales: Fabaceae) en praderas de kikuyo *Penissetum clandestinum* (Poales: Poaceae), como fuente de alimento para *Bombus atratus* (Hymeoptera: Apoidea). Revista Facultad de Ciencias Básicas. 2012; 8(1): 18-27.
Polinización, Relación Abeja-Planta	MEDINA-GUTIERREZ J, OSPINA-TORRES R, NATES-PARRA G. Efectos de la variación altitudinal sobre la polinización en cultivos de gulupa (*Passifloraedulis f.edulis*) Acta Biológica Colombiana. 2012; vol. 17(2): 379 – 394.
Polinización, Relación Abeja-Planta	MEDINA-GUTIERREZ J. Estudio de agentes polinizadores de Gulupa (*Passiflora edulis* F. *edulis* Sims.) en dos cultivos a diferente altitud en Buenavista-Boyacá, Colombia. [Trabajo de Grado]. Biología. Universidad Nacional de Colombia. 2008.
Polinización, Relación Abeja-Planta	MELO CD, RAMIREZ-RIVERA R, NATES-PARRA G, OSPINA-TORRES R. Biología floral de granadilla *Passiflora ligularis* Juss. (Magnoliopsida: Passifloraceae) y efectividad de los visitantes florales en una localidad del bosque alto andino colombiano. V Encuentro Colombiano sobre abejas silvestres y III Congreso Colombiano de Zoología,Medellín, Colombia. 2010; p 270.
Polinización, Relación Abeja-Planta	MELO D. Diagnóstico para la cría y conservación de abejas polinizadoras de granadilla (*Passiflora ligularis* Juss) en Buenavista, Boyacá, Colombia. [Trabajo de Grado], Bogotá: Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia. 2007.
Polinización, Relación Abeja-Planta	MONTOYA DC. Comportamiento alimenticio de *Trigona* sp.pos *amalthea* y su incidencia en cultivos de importancia agrícola. [Trabajo de Grado]. Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia. Medellín. 1987. 62 p
Polinización, Relación Abeja-Planta	MORELO MM, VANEGAS MI. Diversidad de abejas sin aguijón (Meliponini) y caracterización de la flora asociada con sus nidos en la reserva de Coraza (Municipio de Colosó, Sucre). [Trabajo de Grado] Biología, Universidad de Sucre. 2009.
Polinización, Relación Abeja-Planta	MOSQUERA CA. Polinización forzada con abejas *Apis mellifera* L., del pepino cohombro *Cucumis sativus* L., cultivado hidropónicamente bajo invernadero, en el altiplano de Pasto. Rev Cien Agríc. 1989;11(1 a 8):65-75.
Polinización, Relación Abeja-Planta	NATES-PARRA G, RODRÍGUEZ-C A. Forrajeo en colonias de *Melipona eburnea* (Hymenoptera: Apidae) en el piedemonte llanero (Meta, Colombia). Revista Colombiana de Entomología. 2011; 37(1):121-127.
Polinización, Relación Abeja-Planta	NATES-PARRA G. ¿Qué sabemos de polinización y polinizadores en Colombia? Diagnóstico preliminar. Memorias VI Encuentro Colombiano Sobre Abejas Silvestres. 2012.
Polinización, Relación Abeja-Planta	NATES-PARRA G. Abejas silvestres y polinización. Manejo integrado de plagas y agroecología. Costa Rica. 2005; 75:7-20.
Polinización, Relación Abeja-Planta	NATES-PARRA G. Polinización y polinizadores en Colombia: abejas como agentes funcionales. Memorias IX Coloquio de Insectos Sociales IUSSI Sección Bolivariana. 2013; p 11.

TEMA	REFERENCIA
Polinización, Relación Abeja-Planta	NATES-PARRA G, AMAYA-MÁRQUEZ M, OSPINA-TORRES R, ÁNGEL-COCA C, MEDINA-GUTIÉRREZ J. Biología floral, reproductiva, polinización y polinizadores en gulupa (*Passiflora edulis* var. *edulis*). In: Melgarejo, L.M., editora. Ecofisiología del cultivo de la gulupa - (*Passiflora edulis* Sims). Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, D.C. 2012. P 115-121.
Polinización, Relación Abeja-Planta	NIETO V, PINILLA MS, NATES-PARRA G. Estudio preliminar del recurso polínico de *Thygater aetiops* (Hymenoptera: Apidae) en el Parque Nacional de Bogotá. Memorias VI Encuentro Colombiano Sobre Abejas Silvestres. 2012.
Polinización, Relación Abeja-Planta	NÚÑEZ LA, CARREÑO J. Abejas nativas polinizan por vibración el achiote de monte *Bixa urucurana* Wild (Magnoliopsida: Bixaceae) en la Orinoquia de Colombia. Resúmenes V Encuentro Colombiano sobre abejas silvestres y III Congreso Colombiano de Zoología, Medellín, Colombia 2010; p 265.
Polinización, Relación Abeja-Planta	NÚÑEZ LA, CARREÑO J. Biología reproductiva de *Mauritia flexusosa* en Casanare, Orinoquia colombiana. Pp.450. En: VII: Morichales y Cananguchales de la Orinoquia y Amazonia (Colombia-Venezuela). Lasso C A, Rial A, González V. (Eds.). Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá D.C. Colombia. 2013; 344p.
Polinización, Relación Abeja-Planta	NÚÑEZ LA, BERNAL R, KNUDSEN J. Diurnal palm pollination by mystropine beetles: is it weather-related? Plant Syst Evol. 2005; 208:187-196;
Polinización, Relación Abeja-Planta	NÚÑEZ LA, ROJAS-ROBLES R. Biología reproductiva y ecología de la polinización de la palma mil pesos (*Oenocarpus batua*) en los Andes Colombianos. Caldasia. 2008; 30(1):101-125.
Polinización, Relación Abeja-Planta	NÚÑEZ LA, SÁNCHEZ J, VÉLEZ D. Polinización de *Byrsonima crassifolia* y *Byrsonima sp.* (Magnoliopsida: Malpighiaceae) por abejas colectoras deaceite *Centridini* (Insecta: Apidae) en bosque de piedemonte en la Orinoquia de Colombia. V Encuentro Colombiano sobre abejas silvestres y III Congreso Colombiano de Zoología, Medellín, Colombia. 2010; p. 270
Polinización, Relación Abeja-Planta	NÚÑEZ LA. Evaluación de la biología reproductiva de tres especies de pasifloras silvestres en la Orinoquía Colombiana. II Congreso Latinoamericano de Pasiflora. Neiva-Huila-Colombia. – Colombia. 2013b. En prensa.
Polinización, Relación Abeja-Planta	NÚÑEZ LA. Evaluación de la eficiencia de polinizadores del maracuyá amarillo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Degener) en un cultivo comercial en Casanare Colombia. II Congreso Latinoamericano de Pasiflora. Neiva-Huila-Colombia. – Colombia. 2013; En prensa.
Polinización, Relación Abeja-Planta	NÚÑEZ LA., WILCHEZ N, CARREÑO J. Recursos florales, forrajeo y papel en la polinización de la abeja carpintera *Xylocopa fimbriata* (Anthophoridae) en un relicto de bosque de piedemonte Casanare-Colombia. Acta biológica Colombiana. 2009; Vol. 14 (2): 188.
Polinización, Relación Abeja-Planta	OBREGÓN D, LOZANO A. Insectos asociados a cultivos de pasifloras; maracuyá, cholupa y badea, en el departamento de Casanare, II Congreso Latinoamericano de Pasiflora. Neiva-Huila-Colombia. 2013; En prensa.
Polinización, Relación Abeja-Planta	OBREGÓN D, NATES-PARRA G. Análisis de nicho trófico de *Melipona eburnea* Friese, 1990 y *Tetragonisca angustula* (Latreille, 1811), (Apidae: Meliponinae) en Fusagasugá, Cundinamarca. Memorias VI Encuentro Colombiano Sobre Abejas Silvestres. 2012.
Polinización, Relación Abeja-Planta	OBREGÓN D. Origen botánico de la miel y el polen provenientes de nidos de Melipona eburnea Friese, 1900 y Tetragonisca angustula (Latreille, 1811), (Apidae: Meliponini) para estimar su potencial polinizador. Tesis de Maestría. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de Colombia. 2011.

TEMA	REFERENCIA
Polinización, Relación Abeja-Planta	OBREGÓN D, NATES-PARRA G. Floral preference of *Melipona eburnea* Friese (Hymenoptera: Apidae) in a Colombian Andean Region. Neot Entomol. 2013; 43(1): 53-60. Doi:10.1007/s13744-013-0172-y
Polinización, Relación Abeja-Planta	ORTEGA O, CARDONA N. Diversidad de abejas silvestres (Hymenoptera) asociadas a tres sistemas de cultivo café (*Coffea arabica*: Rubiaceae) en el municipio Ciudad Bolívar, Antioquia. Memorias 40° Congreso de la Sociedad Colombiana de Entomología SOCOLEN. 2013.
Polinización, Relación Abeja-Planta	OSPINA-TORRES R, MEDINA J, RAMIREZ R, NATES-PARRA G, AMAYA M, MELO D, ANGEL C. Eficiencia de las abejas polinizadoras de los cultivos de gulupa *(Passiflora edulis* Sims) y granadilla (*Passiflora ligularis* Juss) en Buenavista, Boyacá, Colombia. Memorias I congreso Latinoamericano de Passiflora, Neiva, Huila, Colombia, 2010; 70
Polinización, Relación Abeja-Planta	PACATEQUE J. Eficiencia de polinización del abejorro *Bombus atratus* (Hymenoptera: Apidae) en el cultivo de pimentón (*Capsicum annum)*. [Trabajo de Grado] . Facultad de Ciencias. Universidad Militar Nueva Granada. 2014.
Polinización, Relación Abeja-Planta	PANTOJA A, SMITH-PARDO A, GARCÍA A, SÁENZ A, ROJAS F. Principios y avances sobre polinización como servicio ambiental para la agricultura sostenible en países de Latinoamérica y el Caribe. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (Fao). 2014.
Polinización, Relación Abeja-Planta	PEINADO JE, TARAZONA A. Reconocimiento preliminar de la flora apicola y su interacción con la fauna apoidil en la región de Nuevo Colon (Boyacá). [Trabajo de Grado] . Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Boyacá. 1982.
Polinización, Relación Abeja-Planta	PELÁEZ JM. Floral resources used by the Carpenters Bees (*Xylocopa frontalis*) in a Zone of the Risaralda Valley, Colombia. En: Memorias del VIII Congreso Internacional de Abejas Silvestres / V Encontro Brasileiro de abelhas. riberao preto. 2004
Polinización, Relación Abeja-Planta	PELÁEZ JM. Recursos florales usados por *Xylocopa frontalis* en el valle del Risaralda, Colombia. II Encuentro Colombiano sobre abejas silvestres. 2004b. 90-100. Bogotá, Colombia.
Polinización, Relación Abeja-Planta	PELÁEZ JM. Trampas Florales para el Control de *Apis mellifera* en Cultivos de Maracuyá *Passiflora edulis* var. *flavicarpa* Degener. Encuentro colombiano sobre abejas silvestres. Bogotá, Colombia. 2004a. p 101- 114.
Polinización, Relación Abeja-Planta	PÉREZ MM. Evaluación del abejorro *Bombus atratus* Franklin (Hymenoptera: Apidae) como polinizador en fresa (*Fragaria* x *ananassa* Duch. 'Camarosa') bajo invernadero. Tesis de Maestría. Ciencias Agrarias. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. 2013.
Polinización, Relación Abeja-Planta	PINILLA MS, NIETO V, NATES-PARRA G. Recurso polínico y variación poblacional de *Thygater aethiops* (Hymenoptera: Apidae: Eucerini) en la ciudad de Bogotá. En memorias del VIII Congreso mesoamericano de abejas nativas. 2013; p. 53- 60.
Polinización, Relación Abeja-Planta	PINILLA MS, NIETO V, NATES-PARRA G. Recurso polínico y ciclo estacional de *Thygater aethiops* **(Hymenoptera: Apidae) en un ambiente urbano (Bogotá-Colombia). Aceptado Rev. Biol Trop. 2016; 64 (3).**
Polinización, Relación Abeja-Planta	PINILLA-GALLEGO MS, G NATES-PARRA. Diversidad de visitantes y aproximación al uso de nidos trampa para *Xylocopa* (Hymenoptera: Apidae) en una zona productora de pasifloras en Colombia. Actual Biol. 2015; 37(103):143-153. DOI: 10.17533/udea.acbi.v37n103a03
Polinización, Relación Abeja-Planta	PINILLA MS. Visitantes florales del agraz (*Vaccinium meridionales*) en Cundinamarca y Boyacá. Memorias VI Encuentro Colombiano Sobre Abejas Silvestres. 2012.

TEMA	REFERENCIA
Polinización, Relación Abeja-Planta	PINILLA MS. Visitantes florales y polinizadores potenciales del agraz (*Vaccinium cf. meridionale*) en Cundinamarca y Boyacá [Trabajo de Grado]. Universidad Militar Nueva Granada. 2013; p. 51.
Polinización, Relación Abeja-Planta	PINILLA MS, NATES-PARRA G. Visitantes florales y polinizadores en poblaciones silvestres de agraz (*Vaccinium meridionale*) del bosque andino colombiano. Rev Colomb Entomol. 2015b;41(1):112-119.
Polinización, Relación Abeja-Planta	POVEDA C, AGUILAR M L, RIAÑO DA, PÉREZ MM. Foraging behavior of *Bombus atratus* (Hymenoptera, Apidae) in strawberry crops (*Fragaria* x *Ananassa*) in greenhouse. X encontro sobre abelhas Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil. 2012. p 213.
Polinización, Relación Abeja-Planta	POVEDA C, AGUILAR ML, RIAÑO D. PÉREZ M. M. Efecto de la polinización del abejorro nativo *Bombus atratus* (Hymenoptera: Apidae) sobre la calidad de frutos de Fresa (*Fragaria* x *ananassa*) Var. Ventana. Memorias VI Encuentro Colombiano Sobre Abejas Silvestres. 2012.
Polinización, Relación Abeja-Planta	REINA D, RIAÑO D, AGUILAR ML. Levantamiento de visitantes florales (Hymenoptera: Apoidea) presentes en la reserva forestal Privada, Parque Mirador Montaña del oso, Chía, Cundinamarca. Memorias VI Encuentro Colombiano Sobre Abejas Silvestres. 2012.
Polinización, Relación Abeja-Planta	RENDÓN JS, OCAMPO J, URREA R. Estudio sobre polinización y biología floral en *Passiflora edulis* f. *edulis* Sims, como base para el premejoramiento genético. Acta Agronómica. 2013a. 62(3): 232-241.
Polinización, Relación Abeja-Planta	RENDÓN JS., OCAMPO J. URREA R. Evaluación de la polinización natural y manual en el cultivo de la Gulupa (*Passiflora edulis* f. *edulis* Sims). II Congreso Latinoamericano de Pasiflora. Neiva-Huila-Colombia. 2013b. En prensa.
Polinización, Relación Abeja-Planta	RIAÑO D, AGUILAR ML, CURE, JR. Utilización del abejorro nativo *Bombus atratus* (Insecta: Apidae) en la polinización de cultivos de tomate bajo invernadero a nivel comercial – experiencias y perspectivas. Resúmenes V Encuentro Colombiano sobre abejas silvestres y III Congreso Colombiano de Zoología.2010; p 267.
Polinización, Relación Abeja-Planta	RODRIGUEZ M. Estudio del sistema reproductivo del lulo bajo polisombra en la Sabana de Bogotá. [Trabajo de Grado]. Facultad de Ciencias. Universidad Militar Nueva Granada. 2006.
Polinización, Relación Abeja-Planta	RODRÍGUEZ-C A, CHAMORRO FJ, CALDERÓN L, PINILLA MS.,HENAO M, OSPINA R, NATES-PARRA G. Polinización por abejas en cultivos promisorios de Colombia: Agraz (*Vaccinium meridionale*), Chamba (*Campomanesia lineatifolia*), Cholupa (*Passiflora maliformis*). Bogotá: Laboratorio de Investigaciones en Abejas, Universidad Nacional de Colombia; 2015. 145 p.
Polinización, Relación Abeja-Planta	RODRÍGUEZ-C A, OSPINA R, NATES-PARRA G. Importancia de las abejas para la cholupa (*Passiflora maliformis* L.) en Rivera Huila Colombia. II Congreso Latinoamericano de Pasiflora. Neiva-Huila-Colombia. 2013. En prensa.
Polinización, Relación Abeja-Planta	RODRÍGUEZ-C A. Forrajeo de polen por obreras de *Melipona* cf. *fasciata* (Hymenoptera, Apidae, Meliponini) en una zona rural del piedemonte llanero (Acacías-Meta). [Trabajo de grado]. Departamento de Biología. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional de Colombia. 2005.
Polinización, Relación Abeja-Planta	RODRÍGUEZ-C A. Requerimientos y valor económico del servicio de polinización prestado por abejas en dos frutales promisorios colombianos (chamba, *Campomanesia lineatif*olia Ruiz y Pav y cholupa, *Passiflora maliformis* L.) (Tesis de maestría). Bogotá: Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia; 2014. 105 p.

TEMA	REFERENCIA
Polinización, Relación Abeja-Planta	RUBIO D. Disponibilidad, uso y preferencia por los recursos florales en una comunidad de abejorros (Hymenoptera: Apidae: *Bombus*) en el páramo de Chingaza. Tesis de Maestría. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Departamento de Biología. 2012.
Polinización, Relación Abeja-Planta	SABOGAL AM. Elaboración de una guía ilustrada de las familias Orchidaceae-Araceae y la relación con las abejas corbiculadas presentes en el municipio de San Antonio del Tequendama, Cundinamarca. Memorias VI Encuentro Colombiano Sobre Abejas Silvestres. 2012.
Polinización, Relación Abeja-Planta	SÁNCHEZ-NUÑEZ DA. 2009. Patrones de floración, polinización y producción de frutos de tres especies Neotropicales de Mangle presentes en Humedales de San Andrés Isla, Caribe colombiano. (Tesis Magister) Biología. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia.
Polinización, Relación Abeja-Planta	SANTANA-F GE. Estudio preliminar de biología floral en mora de castilla. Seminario de frutales de clima frio moderado.2000. p.15-17. Manizales (Colombia).
Polinización, Relación Abeja-Planta	SANTAMARÍA E, SANTAMARÍA A, RODRÍGUEZ D, JEREZ P, ACEROS H. Sistemas de polinización entomófila con meliponinos para frutales y cultivos bajo invernadero. In: Nates-Parra G, Gómez MI, editores. Libro de Memorias II Encuentro Colombiano de Abejas Silvestres. Bogotá: Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia. 2004. p. 131-134.
Polinización, Relación Abeja-Planta	SENA (SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE, COLOMBIA). Innovación y Tecnología. La polinización, una alternativa para mejorar la producción de frutas. Sin fecha (disponible en la página de la institución: http://www.sena.edu.co/casos exitosos).
Polinización, Relación Abeja-Planta	SEPÚLVEDA P, SMITH-PARDO A. Diversidad de Abejas en Agroecosistemas Paperos de Antioquia. V Encuentro Colombiano sobre abejas silvestres y III Congreso Colombiano de Zoología. Medellín, Colombia2010, p 268.
Polinización, Relación Abeja-Planta	SEPÚLVEDA PA. Diversidad de abejas (Hymenoptera: Apoidea: Anthophila) en cultivos de papa (*Solanum tuberosum* L.) y su efecto en la polinización [Tesis de Doctorado]. Medellín: Universidad Nacional de Colombia; 2013.
Polinización, Relación Abeja-Planta	SMITH-PARDO A. Abejas visitantes de *Aspillia tenella* (Kunth) S.F. Blake (Asteraceae): comportamiento y cargas polínicas. Revista Facultad Nacional de Agronomía de Colombia. 2009; 61 (2):4576-4587.
Polinización, Relación Abeja-Planta	SMITH-PARDO A. Abejas visitantes de *Mimosa pigra* L (Mimosaceae): comportamiento de pecoreo y cargas polínicas. Acta Biológica Colombiana. 2009; 14 (1): 107-188 pp.
Polinización, Relación Abeja-Planta	TELLO JE. Empleo de las abejas *Apis mellifera* africanizada en la polinización inducida de la curuba (*Passiflora mollisima*). Memorias I Congreso Internacional de Apicultura, San Cristóbal, Venezuela 2005
Polinización, Relación Abeja-Planta	VARGAS G, ESPITIA D, GARZÓN A, SOLARTE V, SUÁREZ P, TALERO C. Evaluación de algunos parámetros de calidad en tomate bajo invernadero (*Lycopersicum esculentum)* polinizado por *Nannotrigona* sp. (Apidae: Meliponini) utilizando diferente número de colmenas en Colombia. En memorias del VIII Congreso mesoamericano de abejas nativas. 2013; p 61–71.
Polinización, Relación Abeja-Planta	VÁSQUEZ AJ, CORREA A. Estudio sobre la fauna apoidea y sus relaciones con la flora y el medio ambiente en la región de Llano Grande (Rionegro, Antioquia). [Trabajo de Grado]. Universidad Nacional de Colombia. Medellín. 1976.
Polinización, Relación Abeja-Planta	VÁSQUEZ R, BALLESTEROS H, ORTEGÓN Y, CASTRO U. Polinización dirigida con *Apis mellifera* en un cultivo comercial de fresa (*Fragaria chiloensis*). Revista Corpoica. 2006b;7(1):50–53.

TEMA	REFERENCIA
Polinización, Relación Abeja-Planta	VÁSQUEZ R, BALLESTEROS H, CASTAÑEDA S, RIVEROS L, ORTEGA C, CALVO N. Polinización dirigida con abejas *Apis mellifera*: Tecnología para el mejoramiento de la producción de cultivos con potencial exportador. Bogotá: Corpoica; 2011. 88 p.
Polinización, Relación Abeja-Planta	VÉLEZ ED, BAQUERO P. Observaciones preliminares del comportamiento de forrajeo de *Thygater aethiops* sobre *Abelia grandiflora* en el jardín botánico "José Celestino Mutis". I Encuentro Colombiano Sobre Abejas Silvestres, Bogotá, Colombia. 2002.
Polinización, Relación Abeja-Planta	ZAMBRANO G, GONZÁLEZ VH, HINOJOSA-DÍAZ IA, ENGEL MS. Bees visiting squash (*Cucurbita moschata* Dushesne ex Poiret) in southwestern Colombia (Hymenoptera: Apoidea). J Melittology. 2013; 18, 1-5.
Polinización, Relación Abeja-Planta	ZULUAGA J, AGUILAR ML, CURE JR. Evaluación polinizadores de *Bombus atratus* (Hymenoptera: Apidae) en un cultivo de mora (*Rubus glaucus* Benth.) bajo invernadero. Memorias Tercer congreso colombiano de horticultura. 2009.
Polinización, Relación Abeja-Planta	ZULUAGA J. Evaluación de la actividad polinizadora de *Bombus atratus* (Hymenoptera: Apidae) en un cultivo de mora de castilla (*Rubus glaucus*). [Trabajo de Grado]. Facultad de Ciencias Básicas y Aplicadas. Universidad Militar Nueva Granada. 2011.



Cada vez más las acciones humanas sobre nuestra maltrecha naturaleza, están llevando al ocaso de la existencia a organismos vitales para su recuperación y mantenimiento; en este escenario aparentemente nefasto, los polinizadores como las abejas y abejorros, silenciosamente hacen la tarea y de paso generosamente nos brindan alimento. Nada más noble puede resaltarse del trabajo en equipo, organizado y disciplinado como el de la polinización y sus servicios, en el que estos seres nos dan un ejemplo de convivencia exitosa, tan respetuosa y entusiasta de su entorno, como consciente de sus derechos y deberes para ejercerlos inteligentemente. Las abejas nos ofrecen una forma de vida que demanda nuestra responsabilidad para garantizar su supervivencia, pues están desapareciendo paulatinamente con efectos incalculables para el bienestar de esa naturaleza y sus servicios ecosistémicos, incluyendo la producción mundial de alimentos y la preservación de la agrobiodiversidad como recurso genético. En las páginas de este libro se nos ofrece con optimismo todo el estado del arte de su conocimiento, que debe motivar en nosotros un contundente compromiso por su conservación a perpetuidad.

José Vicente Rodríguez-Mahecha
Presidente Asociación Colombiana de Zoología
Director Científico Conservación Internacional Colombia

978-958-775-

LABUN
40 años
Conociendo a las abejas silvestres de Colombia

ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE ZOOLOGÍA